



Projekt Laserparcour

Prüfer: Prof. Dr. Juliane König-Birk

Fach: Projektarbeit

Semester: WS 20/21

David Artz

205911

david-artz@t-online.de

Lars Klaski

206008

l.klaski@icloud.com

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung.....	1
2 Laserparcour im Allgemeinen.....	2
2.1 Ziele des Projektes	2
2.2 Erste Ideen	2
3 Projektorganisation	3
3.1 Das Projektteam	3
3.2 Einbindung der Schülerinnen	3
3.3 Projektstrukturierung mithilfe des Projekt Canvas	4
3.4 Projektkommunikation	5
4 Projektvorgaben	6
4.1 Zeitliche Projektvorgabe.....	6
4.2 Projektbudget	8
4.2.1 DPG Antrag	8
4.2.2 Kostenplan.....	8
5 Chancen, Risiken und Maßnahmen für das Projekt	12
6 Projektqualität.....	12
7 Stakeholder des Laserparcours	13
8 Bestellungen während der Projektzeit.....	14
8.1 Erste Projektbestellung.....	14
8.1.1 Arduino Kit.....	14
8.1.2 Lasermodule	15
8.1.3 Fototransistoren.....	15
8.1.4 Nebelmaschine	16
8.1.5 Buzzer	16
8.1.6 Nebelflüssigkeit	16
8.2 Zweite Projektbestellung.....	16
8.2.1 Materialien aus der zweiten Bestellung.....	17
8.2.2 Flachbandkabel	17
8.2.3 Kabel.....	17
8.2.4 Schrumpfschlauch	17
8.2.5 Lötzinn	18

8.2.6 Isolierband	18
8.2.7 Kabelbinder	18
8.2.8 Stecker Kit.....	19
8.2.9 Batterieverbindung	19
8.2.10 Gummifüße.....	19
8.2.11 Aluminium Profile.....	20
8.2.12 Profilverbinder	20
8.2.13 Winkelverbinder	20
8.2.14 Steckbretter.....	21
8.2.15 Nebelmaschine	21
8.2.16 Nebelflüssigkeit	21
8.2.17 Winkelgelenke	22
8.2.18 Nutensteine	22
8.2.19 Batterien.....	22
8.2.20 Lautsprecher.....	23
9 Testaufbau des Laserparcours und Komponententest	24
9.1 Erste Aufbautest	24
9.2 Zweiter Aufbautest	26
9.3 Dritter Aufbautest.....	28
9.3.1 Der Aufbau des Laserparcours	29
9.3.2 Die Programmierung	30
9.3.3 Testbewertung der Programmierung	33
10 Fazit	34
11 Quellen	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Testaufbau 1 Fototransistoren	24
Abbildung 2: Testaufbau 1 Arduino	25
Abbildung 3: Erstes Programm.....	26
Abbildung 4: Testaufbau 2 Montierte Lasermodule	27
Abbildung 5: Testaufbau 2 Fototransistoren auf Steckbrett	27
Abbildung 6: Testaufbau 2 Laserstrahlbild mit Nebel.....	28
Abbildung 7: Anschlussweise der verschiedenen Komponenten	29
Abbildung 8: Schaltplan für die Anschlussweise der Komponente.....	30
Abbildung 9: Programm Laden Schritt 1	31
Abbildung 10: Programm Laden Schritt 2	31
Abbildung 11: Programm Laden Schritt 3.1	31
Abbildung 12: Programm Laden Schritt 3.2	31
Abbildung 13: Programm Laden Schritt 4	32
Abbildung 14: Programm Laden Schritt 5.1	32
Abbildung 15: Programm Laden Schritt 5.2	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kommunikationskonzept.....	5
Tabelle 2: Zeitplan	7
Tabelle 3: Kostenplan 1	9
Tabelle 4: Kostenplan 2	9
Tabelle 5: Kostenplan 3	10
Tabelle 6: Kostenplan 4	11

1 Einleitung

In der vorliegenden Projektarbeit wird die Entwicklung und Konstruktion eines transportablen Laserparcours erläutert. Dieser Laserparcours soll bei Infoveranstaltungen der Hochschule Heilbronn und von Schulen eingesetzt werden. Zu Beginn dieser Projektarbeit wird erklärt, was allgemein unter dem Begriff Laserparcours zu verstehen ist. Im Anschluss wird auf das Projektziel eingegangen bevor die ersten groben Ideen zur Umsetzung des Projektes aufgeführt werden. Des Weiteren wird in dieser Projektarbeit in Kapitel 3 auf die Projektorganisation eingegangen. In Kapitel 4 dieser Projektarbeit werden anschließend die Projektvorgaben aufgezeigt. Diese Vorgaben können in zwei Kategorien eingeteilt werden. Als erstes wird auch die zeitliche Projektvorgabe eingegangen bevor das Projektbudget dargestellt wird. Das Projektbudget in diesem Projekt wurde innerhalb des Projektes durch einen DPG Antrag erweitert. Die Erläuterung hierzu ist in Kapitel 4.1 zu finden. Des Weiteren wird auf die erste Auswahl der Komponenten und die damit verbundenen Probleme eingegangen. Nachfolgend wird auf Bestellungen eingegangen, die während der Projektzeit getätigt wurden. Im Anschluss hierzu wird auf die die ersten Tests der einzelnen Komponenten eingegangen und es werden eventuelle Änderungen der Komponenten vorgenommen. Zudem wird der Aufbau des Laserparcours und die Programmierung dargelegt und erläutert. Nach eingehenden Tests wird die Endauswahl der Komponenten für den Laserparcours und das fertig geschriebene Programm vorgestellt bevor auf die Testergebnisse eingegangen wird. In Kapitel 10 wird im Fazit die Meinung der Autoren zu der Projektarbeit dargelegt. Zusätzlich geben die Autoren in Kapitel 10 noch eine persönliche Stellungnahme zu dem Projekt ab.

2 Laserparcour im Allgemeinen

Laserparcour sind aus Filmen und Büchern bekannt. Spione oder Diebe müssen sich durch einen Gang mit Laserstrahlen winden, um an ihre gewünschte Beute zu kommen. Dies wird in der heutigen Zeit als Freizeitspaß vermarktet. Im deutschen Spionagemuseum in Berlin kann seit ein paar Jahren einen solchen Laserparcour begangen werden. Im Grundlegenden geht es darum die Laserstrahlen nicht zu berühren und den Parcour so schnell wie möglich zu absolvieren.

2.1 Ziele des Projektes

Ziel des Projektes ist es einen transportablen Laserparcour für Events an Schulen und der Hochschule Heilbronn zu entwickeln. Dieses Ziel wurde durch die Projektauftraggeberin Frau Prof. Dr. König Birk definiert und festgelegt.

2.2 Erste Ideen

Für das Projekt war kein großes Budget und auch kein fester Raum vorgesehen, wie dies im deutschen Spionagemuseum der Fall ist. Daher musste eine andere Herangehensweise gewählt werden. Zudem sollte der Laserparcour transportabel sein, um ihn auf Infoveranstaltungen in Schulen und der Hochschule zu präsentieren. Eine zusätzliche Herausforderung war die Laserschutzklassen. An Schulen darf ohne Einweisung bzw. ohne eine Aufsichtsperson kein Laser über der Laserschutzklasse 1 verwendet werden (vgl. Kultusministerkonferenz 2019, S. 214). Die erste Idee war es, die Laser und die Fotodioden einzeln an selbst gebauten Ständern oder Bögen aus Aluminiumprofilen zu befestigen und eventuell mit Spiegeln zu spiegeln. Diese Halterungen müssen allerdings feststehen und dürfen bei Vibrationen nicht wackeln, da der Laserstrahl sehr genau eingestellt werden muss. Die Anfangsideen für Start und Stopp waren entweder zwei Buzzer, wovon einer am Anfang und einer am Ende des Parcour angebracht werden soll oder das am Anfang eine Lichtschranke und am Ende des Parcour einen Buzzer installiert wird. Für die Verarbeitung der eingehenden Signale der Fotodioden und des Buzzers wurde sich für ein Arduino Kit entschieden, auf dem die Zeitmessung und Fehlermeldung angezeigt werden soll. Das Programm soll ein Störsignal ausgeben, sobald einer der Laserstrahlen durchbrochen wird. Zudem soll automatisch eine Strafzeit hin-

zufügt werden. Zusätzlich soll es möglich sein, die Namen der Spieler in das Programm einzupflegen. Dies dient dazu, dass eine Bestenliste vom Programm erstellt werden kann. Um die Laserstrahlen sichtbar zu machen wird eine Nebelmaschine benötigt.

3 Projektorganisation

Dieses Kapitel beschäftigt sich den verschiedenen Bereichen, die für die Organisation eines Projektes notwendig sind.

3.1 Das Projektteam

Das Projektteam besteht im Wesentlichen aus den beiden Studenten der Hochschule Heilbronn David Artz und Lars Klaski. Die beiden Studenten konnten sich im Rahmen ihres Studiums auf das Projekt bewerben und somit ihre Projektarbeit über das Thema Laserparcour schreiben. Die beiden Studierenden befassen sich hauptsächlich mit diesem Projekt. Sie werden jedoch von zwei Schülerinnen des Dillmann-Gymnasiums in Stuttgart unterstützt.

- David Artz 205911
- Lars Klaski 206008

3.2 Einbindung der Schülerinnen

Aufgrund des großen Projektumfangs wurde durch die Projektbetreuerin angeboten, Schülerinnen eines Gymnasiums an dem Projekt teilhaben zu lassen. Die Mitarbeit der Schülerinnen brachte in vielerlei Hinsicht Vorteile für die Studierenden und die Schülerinnen. Zwei Schülerinnen des Dillmann-Gymnasiums in Stuttgart zeigten Interesse an der Projektarbeit. Nach einer ersten online Besprechung wurde beschlossen, die beiden Schülerinnen in das Projekt mit einzubinden. Durch diese Projektarbeit bekommen die Schülerinnen eine einmalige Möglichkeit, Einblicke in das Studentenleben zu erlangen. Dies ist pädagogisch sehr wertvoll, denn sie können sich direkt mit zwei Studenten austauschen. Des Weiteren können die Schülerinnen ihr Wissen und Know-how in den Bereichen Physik und IT vertiefen und werden somit gleichzeitig auf ihr bevorstehendes Studienleben vorbereitet. Da der Laserparcour für den Einsatz auf Infoveranstaltungen der HHN gedacht ist, ist es eine wundervolle Möglichkeit damit das Interesse der Schülerinnen und Schüler in den Bereichen der Technik zu wecken. Zudem

ist es für die Studierenden eine gute Möglichkeit, ihre Mentor Fähigkeiten und Soziale Kompetenz weiterzuentwickeln.

3.3 Projektstrukturierung mithilfe des Projekt Canvas

Der Begriff Canvas bedeutet übersetzt Leinwand. Bei einem Projekt Canvas handelt es sich somit um ein visuelles Instrument des Projektmanagements. Hierbei wird das Projekt in all seine Bestandteile zerlegt. Denn nur so kann ein komplexer Sachverhalt vereinfacht dargestellt werden. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie ein Sachverhalt mithilfe eines Canvas Projektes dargestellt werden kann. Zudem ist es möglich sich auf verschiedene Schwerpunkte innerhalb des Canvas Projektes festzulegen. In diesem Projekt wurde das Projekt Canvas durchgeführt, um einen Überblick über das bevorstehende Projekt zu bekommen und alle Punkte des Projektes anzusprechen. Die wichtigsten Punkte die in einem Projekt Canvas aufgeführt werden sollten, sind allerdings:

- Ziele
- Nutzen
- Projektgegenstand / Leistungsumfang
- Qualität
- Team
- Stakeholder / Kunden
- Kommunikation
- Zeit / Meilensteine
- Budget / Kosten
- Ressourcen
- Risiken

(vgl. Angemeier 2015).

3.4 Projektkommunikation

Zur Veranschaulichung der Kommunikation im Projekt wurde folgendes Kommunikationskonzept, erstellt welches in Tabelle 1 Kommunikationskonzept dargestellt ist. Es definiert die verschiedenen Projektsitzungen mit ihren jeweiligen Teilnehmern, den Terminen, den Inhalten und den Orten der Besprechung.

Projektauftraggeber: Frau Prof. Dr. König-Birk

Projektleiter: David Artz/Lars Klaski

Projektteams:

- Team 1 Schülerinnen, Schüler und Lehrer des Dillmannngymnasiums.
- Team 2 David Artz/Lars Klaski

Bezeichnung	Ziele/Inhalte	Teilnehmer	Termin	Ort
Projektauftraggebersitzung	<ul style="list-style-type: none"> • Projektstatus Entscheidungsfindung für weitere Inhalte • Freigabe Projektfortschrittsbericht • Änderungen Projekt/ Auftretende Probleme 	Projektleiter Projektauftraggeber Projektteams	Alle drei Wochen Fr, 04.09.20 Fr, 25.09.20 Fr, 16.10.20 ...	Webex
Projektcontrollingsitzung	<ul style="list-style-type: none"> • Projektstatus • Controlling der Leistung, Termine und Ressourcen • Controlling Umfeld Beziehungen 	Projektleiter Projektteams	Alle zwei Wochen Mi, 09.09.20 Mi, 23.09.20 Mi, 07.10.20 ...	Webex
Projektentwicklungssitzung	<ul style="list-style-type: none"> • Stand Entwicklung • Auftretende Probleme • Problemlösungen besprechen • Eventuelle Änderungen 	Projektteams	Wöchentlich Mo, 07.09.20 Mo, 14.09.20 Mo, 21.09.20 ...	Webex Privat

Tabelle 1: Kommunikationskonzept

4 Projektvorgaben

In diesen Abschnitt werden die für das Projekt vorgegebene Punkte angesprochen.

4.1 Zeitliche Projektvorgabe

Eine Projektvorgabe, welche durch die Projektauftraggeberin Frau Prof. Dr. König Birk festgelegt wurde, ist die zeitliche Begrenzung dieses Projektes. Innerhalb dieser Zeit soll der Laserparcour konstruiert und gebaut werden. Zudem soll innerhalb des zeitlich begrenzten Rahmens auch noch die Projektarbeit und eine Aufbauanleitung durch die Studenten geschrieben werden. Die Zeitliche Begrenzung des Projektes beträgt ein Semester (6 Monate).

Aufgrund der zeitlichen Projektvorgabe durch Frau Prof. Dr. König Birk, wurde ein Zeitplan für das Projekt erstellt. Diese Erstellung erfolgte nach der Klärung, welche grundlegenden Komponenten zum Einsatz kommen sollen. Des Weiteren wurden bei der Erstellung des Zeitplans einige Meilensteine des Projektes definiert.

Die Meilensteine welche zum damaligen Zeitpunkt definiert waren sind folgende.:

- Projektstart
- Teile definieren
- Erste Tests
- Fertigstellung Programmierung
- Fertigstellung Zusammenbau
- Abschlusstest
- Projektende (Abschlussbesprechung)

In diesem Zeitplan wurde festgelegt welche Ergebnisse bis zu welchem Zeitpunkt vorliegen sollen. Zudem wurde im Zeitplan welcher in der Tabelle 2 Zeitplan aufgezeigt wird, festgehalten welcher Bereich für die Erstellung der einzelnen Erkenntnisse verantwortlich ist. Ein Zeitplan ist für einen strukturierten Ablauf innerhalb des Projektes unerlässlich. Der Zeitplan soll außerdem den einzelnen Parteien helfen sich in ihrer Projektarbeit zu organisieren.

Aufbau und Test		Okt 20 - Feb 21	
	Optik definieren	Okt 20	Studierende
	Steuerung definieren	Okt 20	Studierende
	Aufbau und Befestigung definieren	Okt 20	Studierende
	Mechanische Teile definieren	Okt 20	Studierende
	Programmierung: Start/Stop	Okt 20	SchülerInnen
	Laserschutz, Optik bestellen	Nov 20	Studierende
	Steuerung bestellen	Nov 20	Studierende
	Mechanische Teile bestellen	Nov 20	Studierende
	Programmierung: Tonsignal + Strafzeit	Nov 20	SchülerInnen
	Optischer Testaufbau	Dez 20	Studierende, SchülerInnen
	Programmierung grundlegender Funktionen Optik	Dez 20	Studierende, SchülerInnen
	Optik ändern oder Nachbestellen	Jan 21	Studierende
	Testaufbau Steuerung mit Optik	Jan 21	Studierende, SchülerInnen
	Auswahl geeigneter Testraum	Jan 21	Studierende
	Testlauf: Aufbau mit Optik und Ansteuerung	Feb 21	Studierende, SchülerInnen
Zwischenbericht	Erstellung und Abgabe	Feb 21	Studierende
Nachbesserung und Justierung		Mrz - Jul 21	
	Optik	Mrz 21	Studierende, SchülerInnen
	Steuerung	Mrz 21	Studierende
	Mechanik	Mrz 21	Studierende
	Programmierung	Apr 21	Studierende, SchülerInnen
	Programmierung: Bestenliste + Namenseingabe	Mai 21	SchülerInnen
	Erstellung begleitender Materialien für den Physik-Unterricht (Video, Folien)	Mai / Jun 21	Studierende, SchülerInnen
	Finaler Test mit allen Features	Jun 21	Studierende, SchülerInnen
	Abschlusspräsentation	Jul 21	Studierende, SchülerInnen

Tabelle 2: Zeitplan

4.2 Projektbudget

Eine weitere Projektvorgabe war das Budget, welches durch eine Beantragung eines DPG Antrags deutlich erhöht werden konnte. Somit konnte das Budget durch die Aufstockung auf einen Wert von 2500€ erhöht werden.

4.2.1 DPG Antrag

Die Abkürzung DPA steht für Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. Dieser Verein unterstützt Physikalische-Projekte, die an Schulen durchgeführt werden. Durch die Mitarbeit der Schülerinnen des Dillmann-Gymnasiums in Stuttgart war es auch für die Hochschule Heilbronn möglich diesen Antrag für eine Finanzielle Unterstützung zu stellen. Ohne die Unterstützung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e.V. wäre es nicht möglich gewesen dieses Projekt wie geplant umzusetzen. Für die Beantragung war eine gewisse Vorarbeit nötig. Der Kosten-, und Zeitplan musste erstellt werden. Zudem musste aufgeführt werden, welche pädagogischen Ziele mit diesem Projekt verfolgt werden sollen. Nach Abschluss des Projektes erhält die DPG alle Informationen zum Projekt. Diese Informationen müssen unter anderem eine Abschlussrechnung des Projektes beinhalten.

4.2.2 Kostenplan

Damit die Kosten während des Projektes nicht außer Kontrolle geraten wurde parallel zum Zeitplan auch ein Kostenplan erstellt. Anhand des Kostenplans wurden sehr schnell sichtbar, dass vorgegebene Budget der Hochschule für die Finanzierung des Laserparcours nicht ausreicht. Aus diesem Grund wurde wie in Kapitel 4.2. Projektbudget schon angesprochen ein DGP Antrag gestellt. Die Erläuterung was ein DPG Antrag ist wurde im vorherigen Kapitel erläutert.

[illegible]

Tabelle 3: Kostenplan 1

Durch die Beantragung des DPG Antrags wurde ein zweiter Kostenplan, welcher in Tabelle 4 Kostenplan 2 zu sehen ist erstellt. Der erste Kostenplan musste deutlich abgeändert werden, da dieser auch für das Dillmann-Gymnasiums in Stuttgart benötigt wird. So kam es zu der neuen Kostenaufstellung im zweiten Kostenplan.

Pos.	Menge	Artikel	Einzelpreis in €	Gesamt in €
1	30	Laserdiode	14,34 €	430,20 €
2	10	Fotodiode	4,99 €	49,90 €
3	10	Laserspiegel	5,10 €	51,00 €
4	3	Nebelmaschine	32,99 €	98,97 €
5	4	Nebelflüssigkeit	8,55 €	34,20 €
6	2	Arduino	49,99 €	99,98 €
7	6	Buzzer	9,99 €	59,94 €
8	6	Alu Profil 1 Stück 40x40mm 2m Nut	163,00 €	978,00 €
9	40	Alu Streckverbinder	37,99 €	80,00 €
10	80	Befestigungsmaterial Winkel	1,80 €	144,00 €
11	7	Gummifüße 40mm Durchmesser	5,29 €	37,03 €
12	4	Kabel	19,99 €	79,96 €
13	2	Schrumpfschlauch	6,99 €	13,98 €
14	1	Lötzinn	10,99 €	10,99 €
15	2	Steckbrett 6 Stück	7,99 €	15,98 €
16	1	Isolierband	4,29 €	4,29 €
17	1	Kabelbinder	10,99 €	10,99 €
18	2	Flachbandkabel 3m	7,99 €	15,98 €
19	4	Dupont Stecker Kit	11,99 €	47,96 €
20	2	Verbindung Batterie	5,99 €	11,98 €
Gesamtsumme				2.275,33 €

Tabelle 4: Kostenplan 2

Nach Durchführung von Test zwei welcher in Kapitel 5 zweiter Test beschrieben wird mussten noch weitere Änderungen am Kostenplan vorgenommen werden. Es wurden Änderungen an der Art der Laseraufhängung vorgenommen. Zusätzlich wurde auch der Lieferant für die Aluminiumprofile geändert. Diese Änderung wurde vorgenommen, da die Hochschule Heilbronn Bosch Profile verwendet und so der Parcours zu einem späteren Zeitpunkt erweitert oder die Nutzung der Aluminiumprofile geändert werden kann.

Pos.	Menge	Artikel	Einzelpreis in €	Gesamt in €
1	30	Laserdiode	14,34 €	430,20 €
2	10	Fotodiode	4,99 €	49,90 €
3	10	Laserspiegel	5,10 €	51,00 €
4	3	Nebelmaschine	32,99 €	98,97 €
5	4	Nebelflüssigkeit	8,55 €	34,20 €
6	2	Arduino	49,99 €	99,98 €
7	6	Buzzer	9,99 €	59,94 €
8	36	Alu Profil 1 Stück 40x40mm 2m Nut	23,00 €	828,00 €
9	40	Alu Streckverbinder	37,99 €	80,00 €
10	80	Befestigungsmaterial Winkel	1,80 €	144,00 €
11	7	Gummifüße 40mm Durchmesser	5,29 €	37,03 €
12	4	Kabel	19,99 €	79,96 €
13	2	Schrumpfschlauch	6,99 €	13,98 €
14	1	Lötzinn	10,99 €	10,99 €
15	2	Steckbretter 6 Stück	7,99 €	15,98 €
16	1	Isolierband	4,29 €	4,29 €
17	1	Kabelbinder	10,99 €	10,99 €
18	2	Flachbandkabel 3m	7,99 €	15,98 €
19	4	Dupont Stecker Kit	11,99 €	47,96 €
20	2	Verbindung Batterie	5,99 €	11,98 €
21	10	Halterungen Laser (3er Packung)	8,69 €	86,90 €
22	30	Nutenstein	0,50 €	19,50 €
Gesamtsumme				2.125,33 €

Tabelle 5: Kostenplan 3

Die meisten Artikel wurden über Amazon bestellt. Hierdurch kam es oft zu kleinen Preisschwankungen im Kostenplan, welche allerdings keinen signifikanten Unterschied aufweisen. Zudem wurde aufgrund einer Änderung der Programmierung entschieden die Soundausgabe über das Arduino Kit laufen zu lassen, dies bedeutet, dass noch Lautsprecher für das Arduino Kit bestellt werden müssen, um das Geräusch des Störsignals auszugeben.

Pos.	Menge	Artikel	Einzelpreis in €	Gesamt in €	tatsächlich	Gesamt
1	30	Laserdiode	14,34 €	430,20 €	14,88 €	446,40 €
2	10	Fotodiode	4,99 €	49,90 €	4,99 €	49,90 €
3	10	Laserspiegel	5,10 €	51,00 €		
4	3	Nebelmaschine	32,99 €	98,97 €	35,99 €	104,97 €
5	4	Nebelflüssigkeit	8,55 €	34,20 €	10,71 €	29,97 €
6	2	Arduino	49,99 €	99,98 €	54,99 €	109,98 €
7	6	Buzzer	9,99 €	59,94 €	9,99 €	39,96 €
8	36	Alu Profil 1 Stück 40x40mm 2m Nut	23,00 €	828,00 €	21,60 €	777,60 €
9	40	Alu Streckverbinder	37,99 €	80,00 €	5,40 €	216,00 €
10	80	Befestigungsmaterial Winkel	1,80 €	144,00 €	1,60 €	128,00 €
11	7	Gummifüße 40mm Durchmesser	5,29 €	37,03 €	2,29 €	2,29 €
12	4	Kabel	19,99 €	79,96 €	19,99 €	39,98 €
13	2	Schrumpfschlauch	6,99 €	13,98 €	6,99 €	13,98 €
14	1	Lötzinn	10,99 €	10,99 €	10,99 €	10,99 €
15	2	Steckbretter 6 Stück	7,99 €	15,98 €	6,99 €	41,94 €
16	1	Isolierband	4,29 €	4,29 €	4,29 €	4,29 €
17	1	Kabelbinder	10,99 €	10,99 €	10,99 €	10,99 €
18	2	Flachbandkabel 3m	7,99 €	15,98 €	8,99 €	17,98 €
19	4	Dupont Stecker Kit	11,99 €	47,96 €	14,99 €	59,96 €
20	2	Verbindung Batterie	5,99 €	11,98 €	9,99 €	19,98 €
21	10	Halterungen Laser (3er Packung)	8,69 €	86,90 €	8,69 €	86,90 €
22	30	Nutenstein	0,50 €	19,50 €	0,55 €	16,50 €
23	2	Lautsprecher			7,99 €	15,98 €
Gesamtsumme				2.125,33 €		2.244,54 €

Tabelle 6: Kostenplan 4

5 Chancen, Risiken und Maßnahmen für das Projekt

Eine Chance die durch den Laserparcour entsteht ist, dass dieser als Werbung für die technische Hochschule Heilbronn genutzt werden kann. So können im besten Fall neue Studenten mithilfe dieses Laserparcours für die Hochschule gewonnen werden. Eine weitere Chance, welche durch den Laserparcour entstehen könnte, ist das Interesse einiger Eventorganisatoren. Da der Laserparcour an den unterschiedlichsten Orten aufgebaut werden kann, könnte er auch beispielsweise bei einem Indoor-Event verwendet werden.

Die Risiken eines solchen Laserparcours liegen in der Laserschutzklasse: Die Laserschutzklasse für die ausgewählten Lasermodule muss so gewählt werden, dass der Laserparcour ohne Sicherheitseinweisung und Schutzbrille verwendet werden kann. Aus diesem Grund wird für das Projekt ein Laser mit der Laserschutzklasse 1 verwendet. Dieser Laser darf an Schulen verwendet werden, da er unter vorhersehbaren Bedingungen als ungefährlich eingestuft ist. (vgl. Kultusministerkonferenz 2019, S. 214).

Fehlfunktionen: Fehlfunktionen können in solch einem Projekt zu jeder Zeit auftauchen. Um die Fehlerquellen zu minimieren wurde der Laserparcour einfach strukturiert und aufgebaut. So können Fehler mit Hilfe des Programms schnell identifiziert und behoben werden.

6 Projektqualität

Innerhalb des Projektes wurden folgende Qualitätsziele und Qualitätsmerkmale festgelegt. Das Qualitätsziel besteht darin eine fehlerfreie Funktion des Laserparcours zu gewährleisten. Ein weiteres Qualitätsmerkmal welches innerhalb des Projektes definiert wurde, ist die Zufriedenheit der Nutzer des Laserparcours. Denn durch die zufriedenen Nutzer des Laserparcours, werden diese ein positives Feedback geben und somit den Laserparcour an weitere potenzielle Nutzer weiterempfehlen.

7 Stakeholder des Laserparcours

Stakeholder sind Personen, Gruppen oder Institutionen, die von der Aktivität eines Unternehmens, in diesem Fall das Projekt, direkt oder indirekt betroffen sind oder ein Interesse an den Aktivitäten des Unternehmens haben. (vgl. Fleig 2016). Die Stakeholder in diesem Projekt sind:

- Hochschule Heilbronn: Dieses Projekt wird an der Hochschule Heilbronn durchgeführt.
- Frau Prof. Dr. König Birk: In der Rolle als Projektauftraggeberin Da Sie die Projektauftraggeberin ist.
- Dillmann-Gymnasium Stuttgart: Die Schule zeigt Interesse an einem Laserparcour.
- Eventorganisationen: Diese könnten ein Interesse am Erwerb eines Laserparcours haben.
- Schülerinnen/ Lehrer: Schülerinnen des Dillmann Gymnasiums arbeiten am Projekt mit und werden von ihrem Lehrer betreut.
- Studenten: Damit ist das Projektteam David Artz und Lars Klaski gemeint.
- HHN Facility Management: Werden für die Auswahl eines geeigneten Raumes an der HHN benötigt.

8 Bestellungen während der Projektzeit

Während der Projektzeit wurden zwei Bestellungen für das Projekt getätigt. Die beiden Bestellungen werden in den Kapiteln 8.1 Erste Projektbestellung und 8.2 Zweite Projektbestellung genauer beschrieben. In den beiden Kapiteln werden zudem die einzelnen bestellten Komponenten genauer erläutert und welche Aufgabe diese im Rahmen des Laserparcours abdecken sollen. Die Bestellungen wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten getätigt. Auf den Zeitpunkt der Bestellung wird in der jeweiligen Bestellung eingegangen.

8.1 Erste Projektbestellung

Mit den Komponenten der ersten Bestellung sollte geprüft werden, wie gut die ausgewählten Laser mit den Fotodioden und dem Arduino Kit zusammenarbeiten. Die Bestellung wurde vor dem ersten Test des Laserparcours getätigt. Daher bestand die erste Bestellung aus folgenden Komponenten:

8.1.1 Arduino Kit

Die Entscheidung für dieses Arduino Kit ist gefallen, da es sehr viele Eingänge besitzt. An diesen Eingängen können die Fototransistoren einzeln angeschlossen werden. Nach dem Aufbau konnte somit erkannt werden, wo noch kein Kontakt zwischen dem Lasermodul und dem Fototransistor hergestellt werden konnte. Dieser Artikel wurde über den Versandhandel Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Hersteller: ELEGOO
- Batterien: 1 9 V Batterien erforderlich.
- Modellnummer: GE-EL-KIT-008
- Größe des Arbeitsspeichers: 8 KB
- Speicher-Art: SRAM
- Volt: 5 Volt

8.1.2 Lasermodule

Um den Rechtsweg (siehe Anhang) und den Schutz der Augen zu gewährleisten wurde sich für einen Laser der Laserklasse 1 entschieden, da die Anwendung der Laser keine zusätzliche UVV mit sich ziehen würde. Dieser Artikel wurde bei Conrad bestellt.

Daten zum ausgewähltem Artikel:

- Strahl-Ø: (5 m) 4 - 5 mm
- Typ: LFD650-0.4-12(9x20)
- Abstrahl-Charakteristik: Punkt
- Fokussier-Eigenschaft: Fix-Fokus 5000 mm
- Herstellerfarbe: Rot
- Wellenlänge: 650 nm
- Leistung: 0.4 mW
- Laser-Klasse: 1
- Arbeitsabstand: 10 m
- Betriebsspannungsbereich: 3 - 12 V/DC
- Betriebsstrom: 25 mA
- Betriebsspannung min: 3 V/DC
- Betriebsspannung max: 12 V/DC

8.1.3 Fototransistoren

In diesem Projekt werden Fototransistoren verwendet, da diese aus einer Fotodiode und einem Vorwiderstand bestehen. Dies erspart einen zusätzlichen Aufwand welcher entstehen würde, wenn die Vorwiderstände separat gekauft werden. Denn in diesem Fall müsste die Fotodiode mit diesem Vorwiderstand verlötet werden. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Widerstand: LDR-Widerstand
- Betriebsspannung: 3 - 5 V
- Artikelnummer: 3x KY-018

8.1.4 Nebelmaschine

Ein Laserstrahl ist ohne Nebel nicht in der Luft zu erkennen. Aus diesem Grund wurde innerhalb des Projektes beschlossen den Laserstrahl mithilfe dieser Nebelmaschine sichtbar zu machen. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Hersteller: Monzana
- Leistung Heizelement: 400W
- Ausstoßweite: 3,5m
- Nebel-Output: 40m³/min

8.1.5 Buzzer

Der Buzzer wird benötigt, um einen Start und Stopp des Programmes zu definieren. Beim Betreten des Laserparcours, wird einer der beiden Buzzer betätigt. Nachdem der Laserparcour absolviert wurde wird dann der zweite Buzzer betätigt, welcher die Beendigung des Programms steuert. Wichtig ist, dass die beiden Buzzer stabil angebracht werden, da es beim Start und Stopp des Parcours meist sehr hastig zugeht. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Modellnummer: JM-TM100-BUT

8.1.6 Nebelflüssigkeit

Die Nebelflüssigkeit wird für die Nebelmaschine benötigt, um die Laserstrahlen sichtbar zu machen. Zunächst wurde sich entschieden Light Dust zu verwenden, dieser ist nicht so dicht, macht die Strahlen allerdings trotzdem gut sichtbar. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Modellnummer: 1421200006
- Hersteller: ADJ

8.2 Zweite Projektbestellung

Nach eingehenden Tests aller Komponenten aus der ersten Bestellung wurden die restlichen Komponenten bestellt, welche zur Herstellung eines funktionsfähigen Laserparcours benötigt werden. Im Laufe des Projektes stellte sich heraus, dass auch das Gymnasium einen eigenen

Laserparcour möchte. Aus diesem Grund wurde direkt die Doppelte Menge an Materialien bestellt. Im nächsten Kapitel werden die einzelnen Komponenten der Bestellung aufgeführt. Zusätzlich wird die Funktion der einzelnen Komponenten in Bezug auf den Laserparcour erläutert. Die Anzahl der einzelnen Komponenten kann aus der Stückliste der Aufbauanleitung entnommen werden.

8.2.1 Materialien aus der zweiten Bestellung

In diesem Kapitel werden die einzelnen Komponenten aufgeführt und ihre Funktion innerhalb des Laserparcours wird erläutert. Zudem kann bei der Beschreibung der einzelnen Komponenten auch entnommen werden, wo diese bestellt wurden.

8.2.2 Flachbandkabel

Das Flachbandkabel war vorgesehen um die verschiedenen Komponenten des Laserparcours miteinander zu verbinden. Durch Probleme bei der Bestellung wurde dieser Artikel nicht geliefert.

8.2.3 Kabel

Die verschiedenfarbigen Kabel werden für die Verbindung der Fototransistoren mit den einzelnen Eingängen des Arduinos verwendet. Es muss nur eine Seite des Parcours verkabelt werden. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Farbe: Rot, Gelb, Weiß, Grün, Blau, Schwarz
- Marke: TUOFENG
- Spannung: 300 Volt
- 28 AWG Elektrischer Draht

8.2.4 Schrumpfschlauch

Beim Aufbau des Laserparcours müssen verschiedenen Kabel miteinander verbunden und isoliert werden. Diese Aufgabe soll mithilfe der bestellten Schrumpfschläuche durchgeführt werden. Der Grund hierfür war, dass Schrumpfschläuche einfach zu verwenden sind. Zudem isolieren sie mit hoher Sicherheit das Kabel. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Markenname: Preciva
- Modellnummer: HS145750

8.2.5 Lötzinn

Das Lötzinn kam in dieser Projektarbeit an verschiedenen Stellen zum Einsatz. Bei einem Lötzinn handelt es sich um ein Verbrauchsgut, das oft beim Einsatz und Verbinden von Kabeln zum Einsatz kommt. In diesem Projekt mussten z.B. die Anschlusskabel der Batterieverbinder, mit den Anschlusskabeln des Lasermoduls verbunden werden. Dieser Schritt war notwendig, um einen elektrischen Kontakt zwischen der Batterie und dem Lasermodul herzustellen. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Hersteller: Gifort
- Artikelnummer: 64-random

8.2.6 Isolierband

Bei einem Isolierband handelt es sich ebenfalls um ein Verbrauchsgut. Das Isolierband kam in diesem Projekt an verschiedensten Stellen zum Einsatz. Ein Beispiel bei dem das Isolierband zum Einsatz kam war für eine vorläufige Fixierung gewisser Komponenten an einer bestimmten Stelle. Dieser Artikel wird jedoch nur im Kostenplan aufgeführt und nicht bestellt, da er von der Hochschule Heilbronn zur Verfügung gestellt wurde.

8.2.7 Kabelbinder

Bei einem Kabelbinder handelt es sich wie auch bei den beiden zuvor aufgeführten Komponenten um ein Verbrauchsgut. Die Kabelbinder sind wie das Isolierband an verschiedenen Stellen im Projekt zum Einsatz gekommen. Die Kabelbinder wurden ebenfalls zum Fixieren einzelner Komponenten an einer bestimmten Stelle verwendet. Ein Beispiel hierfür ist wie in Kapitel 9.2 beschrieben die Fixierung der Laserdiode an dem Bosch Profil. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt. Technische Daten hierzu sind nicht erforderlich, denn es kann jede Art von Kabelbinder verwendet werden.

8.2.8 Stecker Kit

Um die Verwendeten Kabel mit den Steckbrettern, auf denen sich die Fototransistoren befinden, verbinden zu können, müssen auf die Kabelenden Stecker und Buchsen gelötet werden. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Hersteller: QLOUNI
- Modellnummer: OZ0028

8.2.9 Batterieverbinding

Damit nicht beide Seiten des Laserparcours verkabeln zu müssen, wurde die Entscheidung getroffen, die Lasermodule mit 9V Batterien zu betreiben. Damit die Lasermodule mit den Batterien verbunden werden konnten, musste dieser Artikel bestellt werden. Die Bestellung erfolgte über Amazon.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Hersteller: SENZEAL
- Modellnummer: SZ-XZ-A-DE-197

8.2.10 Gummifüße

Gummifüße werden benötigt, um einen stabilen und vibrationssicheren Stand der Ständer des Laserparcours zu garantieren. Denn beim absolvieren des Laserparcours soll es zu keiner Verschiebung des Laserstrahlbildes durch Vibrationen kommen. Solche Vibrationen können durch den Nutzer entstehen der die Vibrationen durch den Boden auf die Ständer übertragen kann. Hierfür eignen sich verschiedenste Arten von Gummifüßen. Es sollte jedoch beachtet werden, dass die Gummifüße nur groß genug sind, damit diese eine möglichst große Auflagefläche an den Füßen der Ständer haben. Durch Probleme bei der Bestellung wurde dieser Artikel nicht geliefert, es wird allerdings empfohlen diesen noch nachzubestellen.

8.2.11 Aluminium Profile

Für die Ständer des Laserparcours werden Bosch Profile 45 x 45 Leicht Nut 10 verwendet. Diese haben den Vorteil, dass es sich um genormte Profile handelt. Das heißt die Ständer können ohne Probleme ausgetauscht werden. Zudem bringen die genormten Bosch Profile den Vorteil, dass der Parcours beliebig erweitert werden kann. Die Hochschule Heilbronn verwendet zudem die gleichen Profiltypen. Somit können die Profile, falls gewünscht, nach der Fertigstellung des Laserparcours anderweitig verwendet werden. Dieser Artikel wurde bei dem Materiallieferanten der HHN, der Aluprofiltechnik bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Profil: 45 x 45 Nut 10mm
- Trägheitsmoment: I_x 11,0 cm⁴ I_y 11,0 cm⁴
- Widerstandsmoment: W_x 4,8 cm³ W_y 4,8 cm³

8.2.12 Profilverbinder

Profilbinder werden verwendet um die Bosch Profile in Länge verbinden zu können. Diese garantieren, das leichte zusammen und auseinandermontieren der Bosch Profile und sorgen somit für eine bessere Transportmöglichkeit. Der Artikel wurde bei Aluprofiltechnik bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Nut: 10mm
- Länge: 180 mm
- Material: Stahl verzinkt

8.2.13 Winkelverbinder

Mithilfe der Winkel können die vier Füße eines Ständers an dem langen Profilverbindern befestigt werden. Die Winkel werden in den Nuten des Profils befestigt. Über Nutensteine, die mit einer Schraube mit dem Winkel verbunden sind, kann man die Winkel an den Profilen festschrauben. Dieser Artikel wurde bei Aluprofiltechnik bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Winkel: 45 x 45 mit Nutführung für Nut 10
- Breite: 43 mm

- Länge: 41 mm
- Höhe: 41 mm

8.2.14 Steckbretter

Die Steckbretter werden fest an den Ständern montiert. Auf den Steckbrettern werden dann die Fototransistoren befestigt. Auch die Verbindung der Fototransistoren mit dem Arduino Kit erfolgt mithilfe von verschiedenen Kabeln von den Steckbrettern aus. Die Steckbretter wurden auf Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Hersteller: ELEGOO
- Modellnummer: GE-EL-CP-006
- Speicher-Art: 72-Pin EDO SIMM Memory
- Größe Festplatte: 1 KB

8.2.15 Nebelmaschine

Die Laserstrahlen werden erst durch den Nebel der Nebelmaschine sichtbar. Daher ist es wichtig, dass der Raum in dem sich der Laserparcour befindet vernebelt wird. In diesem Zusammenhang wurde sich für eine einfache unkomplizierte Nebelmaschine entschieden. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Anpro Nebelmaschine
- 500W
- LED-Lichteffekt Party-Nebelmaschine mit Fernbedienung

8.2.16 Nebelflüssigkeit

Wie bei der Komponente Nebelmaschine schon beschrieben werden die Laserstrahlen mithilfe einer Nebelmaschine sichtbar gemacht. Damit diese Nebelmaschine den Nebel erzeugen kann wird die Nebelflüssigkeit benötigt. Der Verbrauch der Nebelflüssigkeit hängt von der einzelnen Nebelmaschine ab. Die Entscheidung der Nebelflüssigkeit spielt bei der Dichte des Nebels eine wesentliche Rolle. Es gibt verschiedene Nebelflüssigkeiten, die einen erzeugen einen sehr leichten Nebel und die anderen wiederum einen sehr dichten Nebel. Für den Laserparcour

wurde ein dichter Nebel ausgewählt, da der leichte Nebel zu schnell verfliegt und die Laserstrahlen dann nicht mehr sichtbar sind. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt.

8.2.17 Winkelgelenke

Die Halterung der Lasermodule erfolgt durch Winkelgelenke DIN 71802 Form C mit Gewindezapfen. Diese Halterung vereinfacht die Einstellung des Laserstrahlbildes enorm. Die Lasermodule werden auf der einen Seite des Kugelgelenks befestigt und die andere Seite wird zusammen mit einem Nutenstein in der Führung des Bosch Profils verschraubt. Durch diese Art der Befestigung ist es möglich, dass die Lasermodule an dem Profil verschoben werden können. Dieser Artikel wurde bei Mbo bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Artikelnummer: 10 03 4013 8001/013
- Größe: C 13 M8
- Materialgruppe: Stahl
- Oberfläche: galv. verzinkt weiß

8.2.18 Nutensteine

Die Nutensteine, in denen die Winkelgelenke verschraubt werden, müssen so ausgewählt werden, dass sie die gleiche Nutenbreite haben wie die sich in dem Profil befindliche Nut. Zudem muss die Bohrung im Nutenstein die gleiche Größe haben, wie der Gewindezapfen am Winkelgelenk. Dieser Artikel wurde bei Aluprofiltechnik bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Nutenstein mit Feder Nut 10
- Verwendung für Anbau mit Schrauben M4-M5-M6 und M8
- Die Feder verhindert, dass verrutschen in der Nut

8.2.19 Batterien

Für den Betrieb der Lasermodule werden 9V Batterien verwendet. Durch die Batterien wird keine Verkabelung der Lasermodule benötigt. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass nur eine Seite des Laserparcours eine externe Stromquelle benötigt. Bei diesem Artikel handelt es sich um einen Verbrauchsartikel und dieser wird somit von der HHN als Verbrauchsgut bereitgestellt.

8.2.20 Lautsprecher

Damit sich der Programmieraufwand in Grenzen hält wurde innerhalb des Projektes beschlossen die Soundausgabe über das Arduino zu steuern. Hierfür werden Lautsprecher benötigt, damit das Störsignal ausgegeben werden kann. Wichtig bei diesem Artikel ist nur, dass das Arduino mit ihm verbunden werden kann. Die Verbindung wird mit einer 2PIN-Terminalschnittstelle JST-PH2.0 realisiert. Dieser Artikel wurde auf Amazon bestellt.

Daten zu ausgewähltem Artikel:

- Hersteller: InduSKY
- Nennleistung: 3 Watt; Impedanz: 8 Ohm
- Kabellänge: 420 mm

Solange sich die Funktion der verschiedenen Komponenten nicht unterscheidet, spielt es keine Rolle, von welchem Hersteller die verschiedenen Komponenten bestellt werden. Die Daten zu den einzelnen Komponenten sollten jedoch übereinstimmen.

9 Testaufbau des Laserparcours und Komponententest

Im Rahmen des Projektes wurden innerhalb der Projektzeit insgesamt drei Tests durchgeführt. Ziel des Tests war es die Funktionsfähigkeit der einzelnen Komponenten zu testen. Die einzelnen Tests werden detailliert in den Unterkapiteln des Kapitels 9 beschrieben. Bei der Beschreibung der einzelnen Tests wird auch auf den Zeitpunkt eingegangen zu welchem dieser durchgeführt wurde.

9.1 Erste Aufbautest

Der erste Test der angelieferten Komponenten wurde am 23.11.2020 durchgeführt. Bei diesem Test sollte festgestellt werden, wie gut die Laser mit den Fototransistoren harmonisieren. Damit dieser Test durchgeführt werden konnte musste zunächst ein Testaufbau durchgeführt werden. Des Weiteren musste ein Grundprogramm für die Erkennung der Optik geschrieben werden. Dieses Programm wurde anschließend auf das Arduino übertragen und getestet.

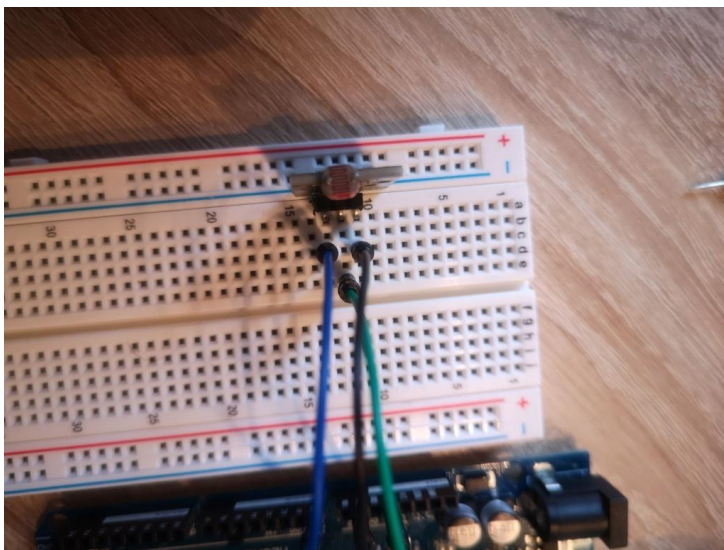


Abbildung 1: Testaufbau 1 Fototransistoren

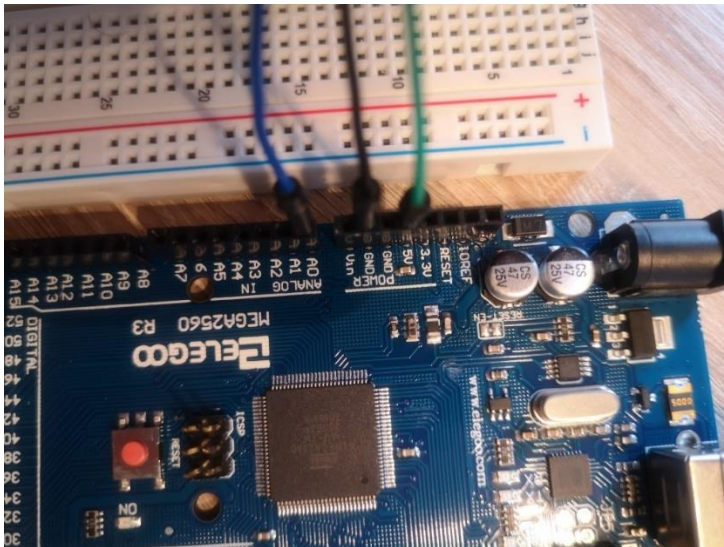


Abbildung 2: Testaufbau 1 Arduino

Durch die Entscheidung einen 3Pin Fototransistor zu verwenden, bei dem der Vorwiderstand bereits auf die Platine der Fotodiode gelötet ist musste kein separater Vorwiderstand geschaltet werden. Somit konnten die drei Anschlüsse direkt mit dem Arduino verbunden werden. Das grüne der Kabel, welches in Abbildung 2 Testaufbau 1: Arduino zu erkennen ist dient für die 5V Stromzufuhr. Dieses Kabel wurde auf einem Steckbrett mit dem mittleren Pin des Fototransistors verknüpft. Das Schwarze Kabel, welches ebenfalls in Abbildung 2 Testaufbau 1: Arduino zu sehen ist wurde im Arduino mit GND verknüpft und mit dem rechten Pin der Fotodiode verbunden. Beide Anschlüsse dienen zur Stromzufuhr der Fotodiode. Das blaue und letzte Kabel oben in der Abbildung 2 Testaufbau 1 Arduino wurde im Arduino mit dem Eingang analog In A0 verknüpft und an den Fototransistoren über das Steckbrett mit dem linken Pin verknüpft. Über diesen Eingang konnte das Arduino die von den Fototransistoren gemessenen Werte auslesen und anzeigen.

Nachdem alles zusammengebaut war, wurde das erste Programm zum Auslesen der Werte des Fototransistors auf das Arduino übertragen, um zu testen, welche Werte angezeigt werden und ob die Nebelmaschine die Werte verfälscht. Das Programm welches für den Test geschrieben wurde ist in Abbildung 3 Erstes Programm zu sehen.

Programm_Photodiode

```
int SensorWert = 0;
void setup() {

    Serial.begin(9600);

}

void loop() {

    SensorWert = analogRead(A0);
    Serial.println(SensorWert);
    delay(10);

}
```

Abbildung 3: Erstes Programm

Nachdem dieses Programm auf das Arduino geladen und getestet wurde, konnte die Erkenntnis getroffen werden, dass die bestellten Komponenten sehr gut miteinander harmonieren. Zudem wurde sichtbar, dass die Nebelmaschine keine signifikanten Änderungen der Werte herbeiführt. Jedoch war der Nebel, welcher die Nebelmaschine mithilfe der Nebelflüssigkeit erzeugt zu licht, daher kam die Überlegung auf mehrere Nebelmaschinen zu verwenden und/oder die Nebelflüssigkeit auszutauschen in eine Flüssigkeit, die einen dichteren Nebel erzeugt.

9.2 Zweiter Aufbautest

Im Rahmen der Projektarbeit wurde am 02.12.20 der zweite Test durchgeführt, um den Aufbau und die Halterungen des Laserparcours erstmalig zu testen und eventuell Änderungen vorzunehmen. Für einen stabilen Stand der Ständer wurden Bosch Profile verwendet. Am unteren Ende des Bosch Profils mit 1m wurden jeweils vier weitere Bosch Profile mit einer Länge 20 cm mittels Winkelverbinder montiert. Der Aufgebaute Ständer aus den verschiedenen Boschprofilen ist in Abbildung 4 Testaufbau 2 Montierte Lasermodule zu sehen.

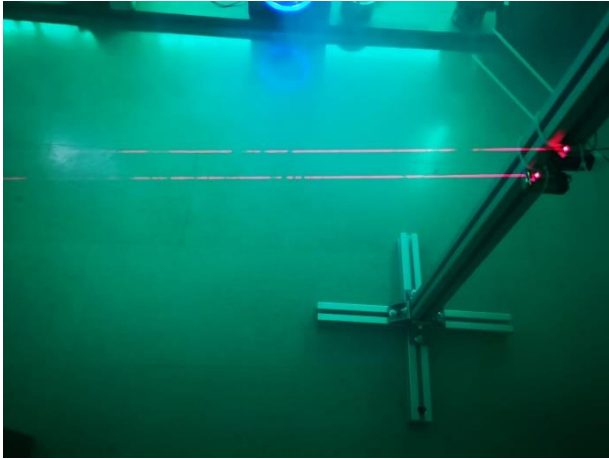


Abbildung 4: Testaufbau 2 Montierte Lasermodule

Die Fotodioden wurden mit einem Steckbrett auf dem Bosch Profil mit 1m fixiert. Diese Konstruktion ist in Abbildung 5 Testaufbau 2 Fototransistoren auf Steckbrett zu sehen. Damit ein größerer Abstand zwischen den Fotodioden erzielt werden konnte haben sich die Projektleiter dazu entschieden mehrere kleine Steckbretter zu verwenden, welche dann an unterschiedlichen Stellen des Ständers fixiert wurden.



Abbildung 5: Testaufbau 2 Fototransistoren auf Steckbrett

Die Laserdioden wurden im ersten Schritt mit Kabelbindern an den Bosch-Profilen befestigt und ausgerichtet. Da die Fixierung und Ausrichtung der einzelnen Laserdioden sehr viel Zeit in Anspruch nahm sollten die Kabelbinder durch Kugelgelenke ausgetauscht werden. Dadurch

konnte ein schnellerer Aufbau des Laserparcours gewährleistet werden. Denn durch die Kugelgelenke wurde die Ausrichtung des Laserstrahls deutlich erleichtert. In Abbildung 6 Testaufbau 2 Laserstrahlbild mit Nebel sind die einzelnen Laserstrahlen im Nebelbild zu sehen. Zudem ist auf dieser Abbildung zu erkennen, wie die Laserdioden mithilfe der Kabelbinder an dem Bosch Profil befestigt wurden.



Abbildung 6: Testaufbau 2 Laserstrahlbild mit Nebel

Nachdem die Komponenten eingehend getestet wurden, stellte sich heraus, dass der Aufbau sehr stabil und vibrationssicher ist. Es kam zu keiner Verschiebung des Laserstrahls durch Vibrationen. Aus diesem Grund hat sich das Projektteam für diese Art der Aufhänger entschieden. Das Fazit aus dem zweiten Test war, dass der Grundaufbau des Laserparcours keine weiteren Schwierigkeiten nach dem Tausch der Kabelbinder aufwirft. Die Komponenten, die für den zweiten Test zusätzlich zu den Komponenten aus Test 1 verwendet wurden, stammen aus den Restbeständen der Hochschule Heilbronn.

9.3 Dritter Aufbautest

Am 20.02.2021 wurde die Programmierung des Laserparcours getestet. Aufgrund von Verzögerungen innerhalb des Bestellvorgangs, musste dieser Testaufbau mit weniger Komponenten als geplant durchgeführt werden.

9.3.1 Der Aufbau des Laserparcours

Der Laserparcours wurde wie in Test zwei mit zwei Ständern aufgebaut. An einem der beiden Ständern wurden zwei Fototransistoren befestigt und am anderen Ständer wurden zwei Lasermodule montiert. Anstatt der Buzzer wurden Taster aus dem Arduino Kit verwendet, da die Buzzer aufgrund der Lieferverzögerungen nicht vorhanden waren. Die Funktion der Taster und die Anschlussweise ist identisch zu der eines Buzzers. Daher konnte es durch den Tausch zu keinen Herausforderungen kommen. Die Soundausgabe des Störsignals wurde über einen Lautsprecher realisiert. Da der Lautsprecher welcher in Bestellung zwei bestellt wurde bisher nicht geliefert werden konnte wurde für diesen Test ein anderer Lautsprecher verwendet. Die Funktion und Anschlussweise an das Arduino Kit ist allerdings identisch. Die verschiedenen Komponenten wurden wie in Abbildung 7 Anschlussweise der verschiedenen Komponenten angeschlossen. Zudem ist in Abbildung 8 Schaltplan für die Anschlussweise der Komponenten der Schaltkreis dargestellt wie die einzelnen Komponenten angeschlossen wurden.

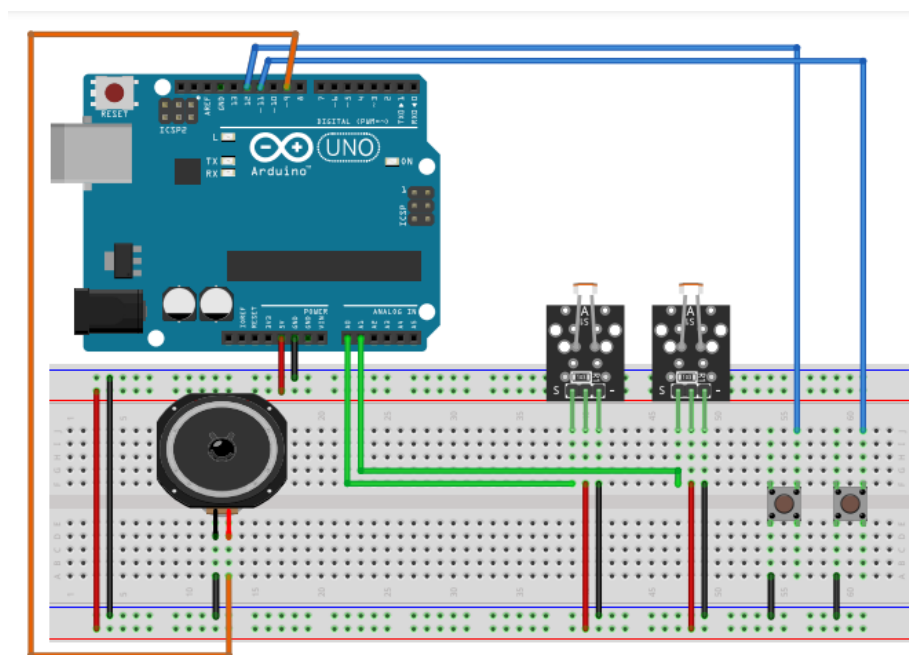


Abbildung 7: Anschlussweise der verschiedenen Komponenten

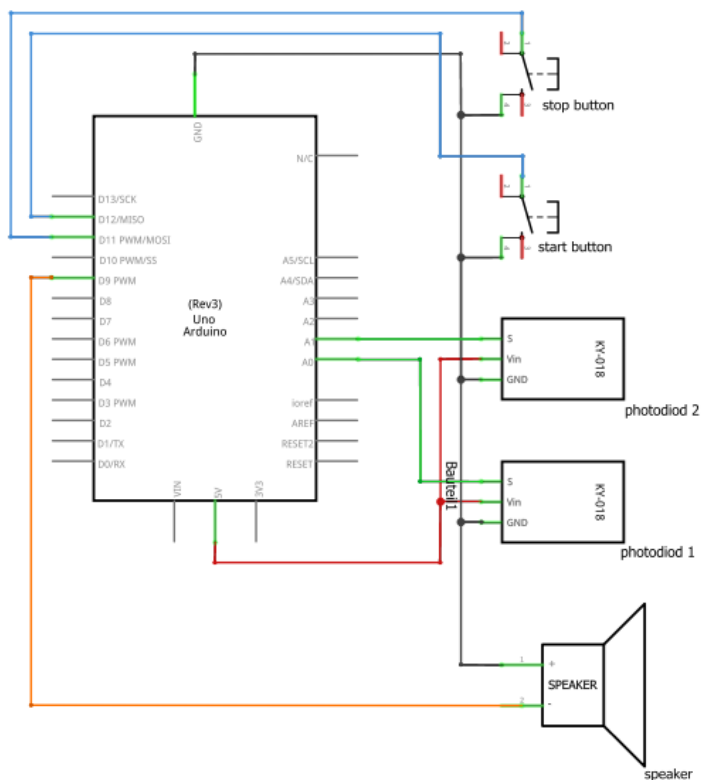


Abbildung 8: Schaltplan für die Anschlussweise der Komponente

Des Weiteren wurden in diesem Test die neuen Laseraufhängungen getestet. Die Laseraufhängen müssen mithilfe von Nutzensteinen seitlich in das Bosch Profil eingeschoben werden. Nachdem dieser Schritt durchgeführt wurde konnten die Winkelgelenkte eingeschraubt werden. Mithilfe von Kabelbindern kann nun das Lasermodul am vorderen Teil des Winkelgelenks befestigt werden. Die Batterie, die für die Stromzufuhr verantwortlich ist sollte am Ständer befestigt werden, da sonst das Gewicht auf das Winkelgelenk zu groß ist. Bei diesem Test wurde erfolgreich festgestellt werden, dass sich die Laserstrahlen mithilfe der Winkelgelenke deutlich einfacher einstellen lassen.

9.3.2 Die Programmierung

Nachdem die Komponenten wie auf dem Schaltplan in Abbildung 8 Schaltplan für die Anschlussweise der Komponenten angegeben angeschlossen wurden, wurde das Programm auf das Arduino Kit geladen und gestartet. Dieser Vorgang wird in den nächsten Schritten aufgezeigt und erläutert.

1. Das Programm für den Laserparcour befindet sich in dem Ordner 2.1.1

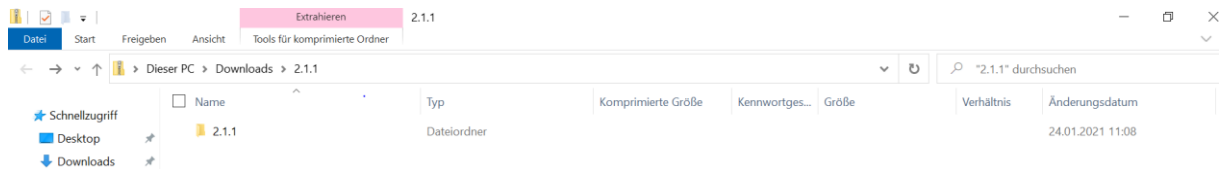


Abbildung 9: Programm Laden Schritt 1

2. In diesem Ordner ist der Schaltplan und der Sketch zu finden. Damit das Programm gefunden werden kann geht es im Ordner Sketch_2.1.1 weiter.

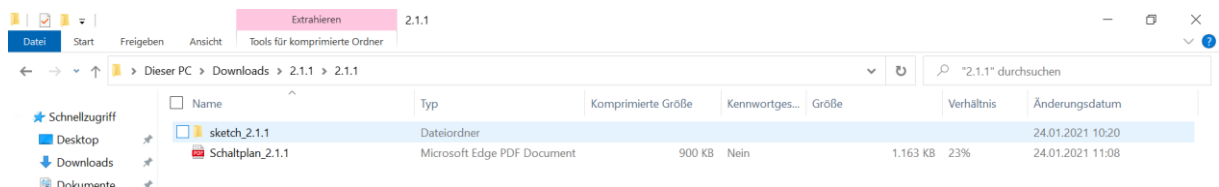


Abbildung 10: Programm Laden Schritt 2

3. Die Programme können durch einen Doppelklick auf den Ordner sketch_2.1.1 geöffnet werden.

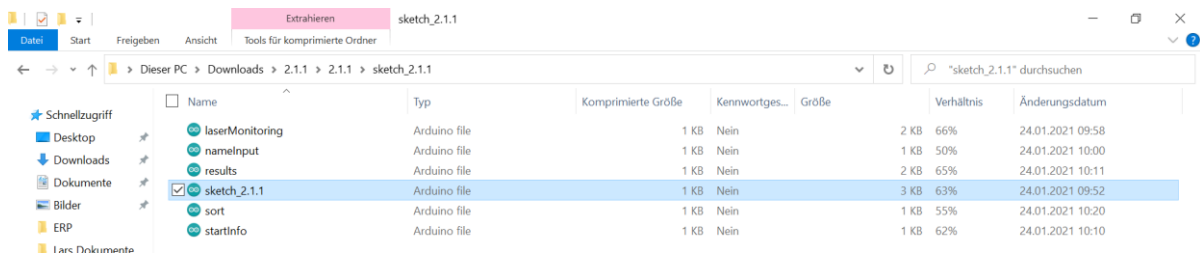


Abbildung 11: Programm Laden Schritt 3.1

Nach dem Klick öffnet sich das Programm. Anschließend kann durch einen Klick auf den Pfeil das Programm auf den Arduino geladen werden.

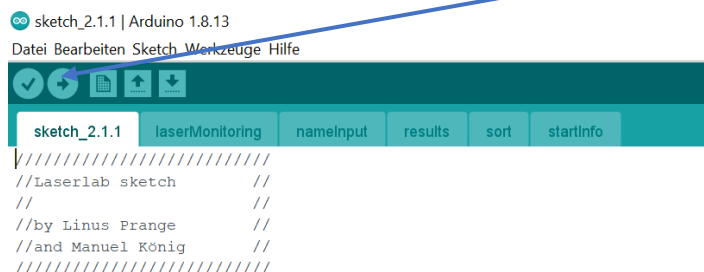


Abbildung 12: Programm Laden Schritt 3.2

4. Wenn das Programm nun auf den angeschlossenen Arduino geladen wurde, öffnet sich das Fenster welches in Abbildung 12 Programm Laden Schritt 4 zu sehen ist. In der oberen Leiste unter Werkzeuge öffnet sich ein weiteres Fenster welches ebenfalls in Abbildung 13 Programm Laden Schritt 4 aufgezeigt wird. Durch Bestätigen des Seriellen Monitor öffnet sich die Programmoberfläche.

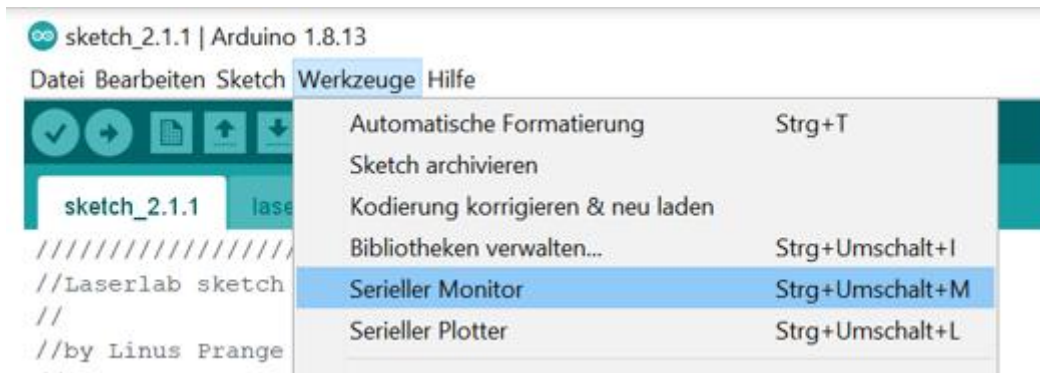


Abbildung 13: Programm Laden Schritt 4

5. Die Namenseingabe kann auf zwei unterschiedliche Weisen erfolgen

1. Alle Namen werden zum Start des Programmes vor Beginn der Durchläufe eingegeben
2. Der Name muss vor jedem einzelnen durchlauf erneut eingegeben werden.

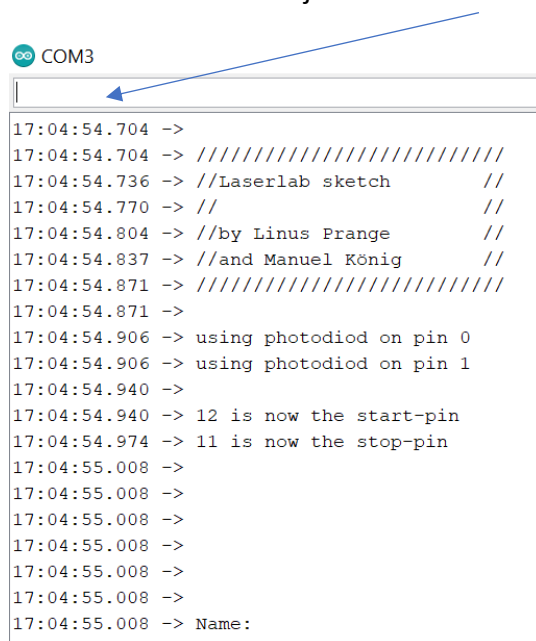
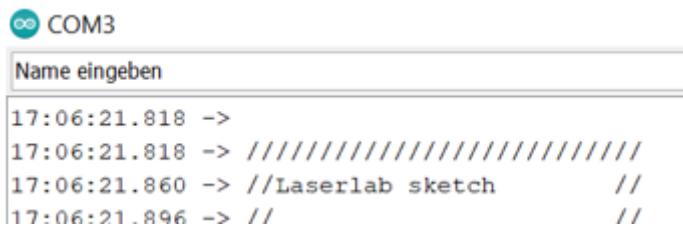


Abbildung 14: Programm Laden Schritt 5.1



```
COM3
Name eingeben
17:06:21.818 ->
17:06:21.818 -> //////////////////////////////////
17:06:21.860 -> //Laserlab sketch //
17:06:21.896 -> // //
```

Abbildung 15: Programm Laden Schritt 5.2

6. Anschließend kann das Programm mittels Buzzer gestartet werden.

9.3.3 Testbewertung der Programmierung

Nach Abschluss des Tests liegen folgende Ergebnisse vor:

- Die Programmierung von Start/Stop Funktion wurde erfolgreich getestet
- Die Namenseingabe kann auf zwei unterschiedliche Weisen erfolgen welche beide erfolgreich auf ihre Funktion getestet wurden
- Bei einer Berührung des Laserstrahls wird die festgelegte Strafzeit zur Durchlaufzeit hinzugeführt und es ertönt ein Störsignal
- Nach Abschluss des Laserparcours kann über das Programm eine Bestenliste ausgegeben werden.

Somit kann bestätigt werden, dass der Test des Programms vollumfänglich positiv ausfällt und es keine Herausforderungen mehr gibt die behoben werden müssen. Des Weiteren ist die genaue Funktionsweise des Programms in den einzelnen Sketch mit Kommentaren hinterlegt, um das Verständnis für das Programm zu erleichtern.

10 Fazit

Nach Abschluss der Testreihen des Laserparcours für einen Prototyp eines transportablen Laserparcours für Events an Hochschulen und Schulen sind wir der Meinung, dass die Ideen gut umgesetzt wurden. Die Konstruktion des Laserparcours wurde durch verschiedene Überlegungen, mithilfe der Tests überprüft und Stück für Stück verbessert. Durch den einfachen Aufbau der Ständer aus den Bosch Profilen ist, ein problemloses transportieren des Laserparcours möglich. Die Programmierung wurde soweit angepasst und ergänzt, dass die definierte Funktion die aus Start und Stopp durch betätigen des jeweiligen Buzzers, Störsignal und Strafzeit bei durchbrechen eines Laserstrahls, Namenseingabe der verschiedenen Teilnehmer und Ausgabe einer Bestenliste des Programmes gewährleistet ist. Die Schülerinnen Dillmann Gymnasiums, die an diesem Projekt mitgewirkt haben, haben hierzu einen maßgeblichen Beitrag geleistet. Über die Zeit der Projektarbeit wurde zudem das Wissen über die Erstellung von Kosten und Zeitplänen gefordert. Dieses Projekt bot daher die Möglichkeit dieses Wissen in einer praktischen Anwendung anzuwenden. Zudem war die Beantragung des DPG-Antrages eine sehr interessante Erweiterung der Kenntnisse, in Bezug auf die Beschaffung von Geldmitteln. Allerdings gibt es noch weitere Optimierungspotentialen bei der Entwicklung des Laserparcours. Die Verkabelung der Fototransistoren könnte fest in die Komponenten der Ständer eingebaut werden. Dies würde den Wiederaufbau des Laserparcours zu erleichtern. Des Weiteren ist die Aufhängung der Fototransistoren noch nicht ganz ausgereift. Sicher gibt es noch mehr Optimierungspotenzial, welches bei mehrfacher Verwendung des Laserparcours zum Vorschein kommt. Unserer Meinung nach kann dieser Laserparcour mit wenigen weiteren Änderungen ein sehr guter transportabler Laserparcour werden, welcher Studenten, Schüler oder andere Nutzer begeistern kann. Durch die Nutzung des Laserparcours kann somit das Interesse an technischen Entwicklungen gefördert werden. Somit wäre der Sinn dieses Laserparcours ideal erfüllt. Zudem können wir uns gut vorstellen, dass Event Organisationen an einem solch transportablen Laserparcour interessiert sein könnten. Diese könnten den Laserparcours dann ähnlich wie Fotoboxen oder kleine Karussells auf verschiedenen Events aufbauen.

11 Quellen

Angermeier, G. (2015). *Project Canvas*. URL: <https://www.projektmagazin.de/glossarterm/project-canvas> Zugriff am: 10.01.2021.

Kultusministerkonferenz (Hrsg.) (2019). *RICHTLINIE ZUR SICHERHEIT IM UNTERRICHT*.

Fleig, J. (2016). *Stakeholder erkennen und analysieren*. URL: <https://www.business-wissen.de/hb/was-sind-stakeholder-und-was-bedeutet-der-stakeholder-ansatz/> Zugriff am: 20.12.2020.