

---

# DIPLOMARBEIT

## AWS DeepRacer

**Ausgeführt im Schuljahr 2020/21 von:**

— Sebastian ROHRER	5BHIF-XX
— Florian SCHWARZL	5BHIF-XX

**Betreuer / Betreuerin:**

Dipl.-Ing. Harald Haberstroh

Wiener Neustadt, am 31<sup>st</sup> August, 2020

---

Abgabevermerk:

Übernommen von:

# Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

Wiener Neustadt, am 31<sup>st</sup> August, 2020

**Verfasser / Verfasserinnen:**

Sebastian ROHRER

Florian SCHWARZL

# Contents

<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>i</b>
<b>Preface</b>	<b>iii</b>
<b>Diplomarbeit Dokumentation</b>	<b>iv</b>
<b>Diploma Thesis Documentation</b>	<b>vi</b>
<b>Kurzfassung</b>	<b>viii</b>
<b>Abstract</b>	<b>ix</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>1</b>
1.1 Goals . . . . .	1
<b>2 Thesis</b>	<b>2</b>
2.1 The physical Track . . . . .	2
2.2 Machine Learning and Autonomous Driving . . . . .	3
2.3 Local Training . . . . .	3
<b>3 Vehicle</b>	<b>4</b>
3.1 Chassis and Accessories . . . . .	4
3.2 Compute Module . . . . .	5
<b>4 The physical Track</b>	<b>6</b>
4.1 The Material . . . . .	7
4.1.1 Track and Field Colour . . . . .	7
<b>5 Schlussbemerkungen</b>	<b>8</b>
5.1 Lesen und lesen lassen . . . . .	8
5.2 Checkliste . . . . .	8
<b>Index</b>	<b>11</b>

# Preface

This is **Version 2018/07/01** of our diploma thesis created in LaTeX, based on the template provided by Wolfgang Schermann. During the creation of this document we were able to take a glimpse at the endless possibilities of machine learning.

## Diplomarbeit Dokumentation

Namen der Verfasser/innen	<table> <tr> <td>Name 1</td> <td rowspan="5">Dieses PDF ausfüllen und als PDF drucken. Das gedruckte PDF in den Ordner pdf speichern.</td> </tr> <tr><td>Name 2</td></tr> <tr><td>Name 3</td></tr> <tr><td>Name 4</td></tr> <tr><td>Name 5</td></tr> </table>	Name 1	Dieses PDF ausfüllen und als PDF drucken. Das gedruckte PDF in den Ordner pdf speichern.	Name 2	Name 3	Name 4	Name 5
Name 1	Dieses PDF ausfüllen und als PDF drucken. Das gedruckte PDF in den Ordner pdf speichern.						
Name 2							
Name 3							
Name 4							
Name 5							
Jahrgang Schuljahr	5AHIF 2015 / 16						
Thema der Diplomarbeit	Entwurf eines Versuchstandes für Kreispumpen						
Kooperationspartner	Irgendeine Firma wenn vorhanden						

Aufgabenstellung	Hier steht die Aufgabenstellung in einigen Sätzen.
------------------	--

Realisierung	Beschreibung der Realisierung.
--------------	--------------------------------------

Ergebnisse	Beschreibung der Ergebnisse.
------------	------------------------------------

Typische Grafik, Foto  
etc. (mit Erläuterung)

Beschreibung des unten eingefügten Bildes. Unten  
klicken um das Bild zu wählen. Das Bild muss als  
PDF vorliegen (z.B. mit GIMP als PDF speichern).

1850 x 1950
1850
1750
1650

Teilnahme an  
Wettbewerben,  
Auszeichnungen

1. Preis in Irgendeinem Wettbewerb

Möglichkeiten der  
Einsichtnahme in die  
Arbeit

HTBLuVA Wiener Neustadt  
Dr.-Eckener-Gasse 2  
A 2700 Wiener Neustadt

Approbation

Prüfer

Abteilungsvorstand

(Datum, Unterschrift)

Mag. Max Mustermann

AV Mag. Max Mustermann


## Diploma Thesis Documentation

Authors	Name 1 Name 2 Name 3 Name 4 Name 5
Form	5AHIF
Academic Year	2015 / 16
Topic	Titel englisch
Co-operation partners	Irgendeine Firma wenn vorhanden

Assignment of tasks	Hier steht die Aufgabenstellung in englisch in einigen Sätzen.
---------------------	--

Realization	Beschreibung der Realisierung auf englisch.
-------------	---

Results	Beschreibung der Ergebnisse auf englisch.
---------	---

	<b>COLLEGE OF ENGINEERING WIENER NEUSTADT</b>
	Department: Informatik Educational Focus: Maschineningenieurwesen

Illustrative graph, photo (incl. explanation)	Englische Beschreibung des unten eingefügten Bildes. Unten klicken um das Bild zu wählen.
	<div> <div>1850 x 1950</div> <div>1850</div> <div>1750</div> <div>1650</div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>

Participation in competitions, Awards	1. Preis in Irgendeinem Wettbewerb
--	------------------------------------

Accessibility of diploma thesis	HTBLuVA Wiener Neustadt Dr.-Eckener-Gasse 2 A 2700 Wiener Neustadt
---------------------------------	--

Approval   (Date, Sign)	Examiner   Mag. Max Mustermann	Head of Department   AV Mag. Max Mustermann
----------------------------------	---	--



# Kurzfassung

After our school received two Amazon AWS DeepRacer vehicles, those vehicles had to be put to good use. With this thesis we paved the way for future students to learn about machine learning in an easy and understandable way. More experienced students will be more interested in the ability to change the training algorithm and other parameters, thanks to the possibility of local training.

# Abstract

This should be a 1-page (maximum) summary of your work in English.

Im englischen Abstract sollte inhaltlich das Gleiche stehen wie in der deutschen Kurzfassung. Versuchen Sie daher, die Kurzfassung präzise umzusetzen, ohne aber dabei Wort für Wort zu übersetzen. Beachten Sie bei der Übersetzung, dass gewisse Redewendungen aus dem Deutschen im Englischen kein Pendant haben oder völlig anders formuliert werden müssen und dass die Satzstellung im Englischen sich (bekanntlich) vom Deutschen stark unterscheidet (mehr dazu in Abschn. ??). Es empfiehlt sich übrigens – auch bei höchstem Vertrauen in die persönlichen Englischkenntnisse – eine kundige Person für das "proof reading" zu engagieren.

Die richtige Übersetzung für "Diplomarbeit" ist übrigens schlicht *thesis*, allenfalls "diploma thesis", auf keinen Fall aber "diploma work" oder gar "dissertation".

Übrigens sollte für diesen Abschnitt die *Spracheinstellung* in LaTeX von Deutsch auf Englisch umgeschaltet werden, um die richtige Form der Silbentrennung zu erhalten, die richtigen Anführungszeichen muss man allerdings selbst setzen (s. dazu Abschnitt ?? bzw. ??).

# Chapter 1

## Introduction

### 1.1 Goals

The goal of this document is to provide a solid foundation for others wanting to work with the AWS DeepRacer. In addition to that this document also provides information about other possible applications of the AWS DeepRacer, how it can be used in different situations than those intended by Amazon and the limits of these vehicles.

## Chapter 2

# Local Training

One of the major drawbacks of using the DeepRacer in a learning environment are the costs of training. Amazon offers easy, albeit functionally limited ways of training RL models in their cloud services. This sort of contradicts the intended use, as the DeepRacer is supposed to offer a simple and affordable entry into the ways of machine learning. Below is the pricing table.<sup>1</sup> In order to circumvent this cost barrier we – like others before us – began setting up a training environment on one of the more powerful computers in the robotics lab. The setup for local training is available on GitHub<sup>2</sup>. In order to function properly the computer had to meet the following requirements:

- A Linux distribution, preferably Ubuntu
- NVIDIA graphic processor and proper drivers
- Docker
- Python
- Minio, a S3 simulator

---

<sup>1</sup>Cited date 2020/08/20

<sup>2</sup><https://github.com/aws-deepracer-community/deepracer>.

Table 2.1: Pricing for model training with AWS services.

service	pricing
training and evaluation	3.50 US\$ per hour
model storage	0.023 US\$ per GB

## Chapter 3

# Vehicle

The DeepRacer itself represents a core part of this thesis, as it is used to test the trained models in a real-world environment. Our school acquired two of these cars, one of which we are using for this thesis. Below is a list of all parts included with one DeepRacer vehicle.

1. Vehicle chassis
2. Vehicle body cover
3. Compute module battery
4. Power cable and power adapter
5. Vehicle battery

### 3.1 Chassis and Accessories

The vehicle itself consists primarily of a four wheel drive chassis which holds all other components. The chassis can be further separated into a lower part, which contains the brushed electric motor, and an upper part that carries the compute module and a power bank to supply it **AWS19**. The entire car is build on a scale of 1/18 to a real car, meaning proportions like distance between wheels were kept realistic. This is especially apparent while driving, as one would expect better manoeuvrability and smaller turning radius.

At the front there are three USB ports used to mount the camera and other equipment like keyboards. As a crucial part of any self-driving car, the camera provided with the DeepRacer provides a 4-megapixel image directly to the compute module. Since we are working with the first edition of the DeepRacer vehicle and not with the newer DeepRacer Evo, which has stereo cameras and a LiDAR<sup>1</sup> sensor, object avoidance and head-to-head racing are not supported by default. It is however possible to purchase an upgrade kit for 249,00 US\$, which includes an additional stereo camera and the LiDAR sensor.

The front wheel steering is controlled by a servomechanism **AWS19**. Correctly configuring the steering proved to be a very difficult task, as we were unable to align both front wheels so that the car would drive in a straight line. The configuration is done via a web interface hosted by the compute module. Using this interface, the maximum steering angles can be configured to fit the physical vehicle. Our problem however doesn't stem from the configuration interface, but rather from the vehicle itself. The front wheels are not aligned properly, which leads to one wheel being either to far left or right. This causes the car to have a left-hand twist or right-hand twist, respectively. As of writing this, we haven't been able to solve this issue.

---

<sup>1</sup>Light detection and ranging

## 3.2 Compute Module

The upper component houses the “brain” of our car. The compute module consists of an Intel Atom processor, 4 Gigabyte of RAM and 32 Gigabyte of memory, which can be expanded upon via a SD card. This hardware is running Linux Ubuntu 16.04.3 with Intel OpenVINOTM and ROS<sup>2</sup> Kinetic. Apart from that the chassis offers 4 USB type A ports, 1 USB type C port, 1 Micro-USB port and one HDMI port. The USB type C port is used to supply the compute module with power, while the HDMI port offers the ability to connect a display and directly access the modules operating system.

In addition to that, the compute module hosts its own web interface, from which the vehicle can be monitored, remotely controlled and configured. This interface is meant to be the main access point when working with the car. Its most important task is loading new models onto the car. Besides that, it is possible to reconfigure the vehicles steering angles. **As of writing this** we were not able to correctly configure the steering angles so that both front wheels are aligned correctly.

---

<sup>2</sup>Robot Operating System

# The physical Track

Being able to drive along a simulation of the track is only a partial success. In order to prove successful, the trained algorithm is required to complete multiple runs on a real track using our DeepRacer vehicle. We decided on rebuilding the track used 2018 during the AWS re:Invent. The circular track starts with a  $180^\circ$  left turn, followed by a right-starting s-curve and continues on with two left turns back to the beginning. With a total width of 7.93 m and length of 5.18 m it impractical to paint it on a single, solid piece.

Before we considered building the track, we drew it on the floor in our robotics laboratory using duct tape. This was possible due to the floor being solid black, just like the road on the track. This variant has several drawbacks compared to a properly built track. Built like this the track is stationary and can not be removed without destroying parts of it. During removal it might even happen that the adhesive will leave stains on the floor, which then again need to be removed. The alternative, interlocking foam pieces, are transportable and more durable, as they can be easily removed and rebuild as needed. Their major drawback is the costs. While using duct tape as markings on the floor is cheaper and faster, using foam puzzles will be more efficient in the long run.

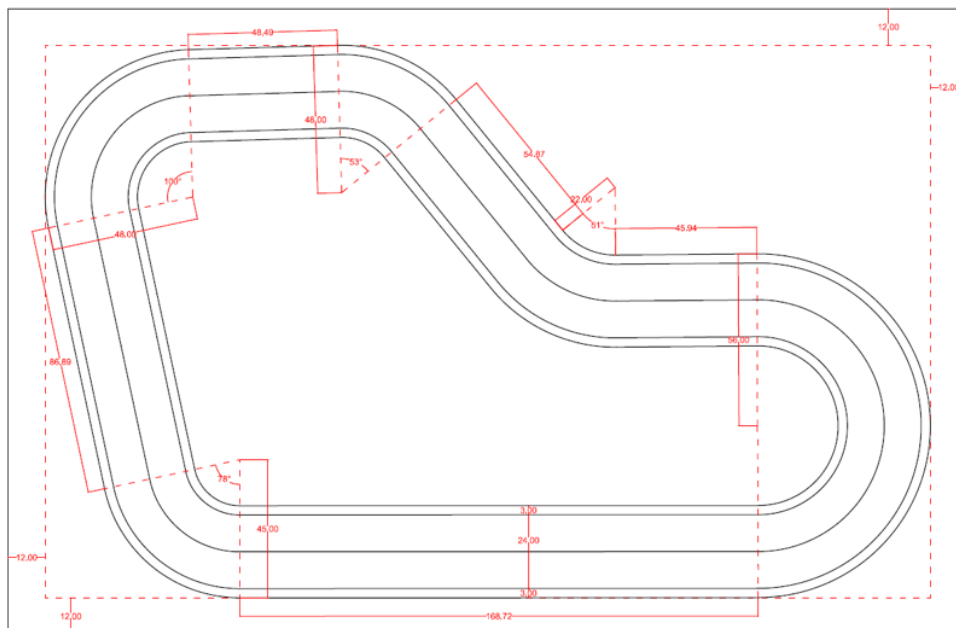


Figure 4.1: AWS re:Invent 2018 track

Table 4.1: Material price comparison

Material	Price
Black foam tiles	299.85 €
Duct tape on floor	59.85 €

## 4.1 The Material

Choosing the right material for the track proved to be straightforward. It came down to either interlocking wooden composite plates or interlocking foam pieces. Foam pieces provide many advantages compared to other materials. They are lightweight and easy to transport. Durability and thickness are not as important, as the track is not meant to be stepped on and our car does not weight a lot. Far more important is the ability of the pieces to stick together. The tiles must not under any circumstances break away from each other, this could cause serious damage to the track and vehicle. Interlocking foam tiles are the cheapest material still meeting all criteria, with the only drawback being the cost.

### 4.1.1 Track and Field Colour

The material is not the only factor we need to consider when building the track. Since our model is trained in a simulation with a specific colour scheme, we went to recreate this colour set in order to achieve the best performance. The road is the easiest to paint, as its colour is solid black with orange markings in the middle. The green area which covers most of the track is far more difficult to recreate. This leads to two options:

- Black foam tiles, either paint the background green or leave it black
- Green foam tiles, where the road has to be drawn on



## Chapter 5

# Schlussbemerkungen

An dieser Stelle sollte eine Zusammenfassung der Diplomarbeit stehen, in der auch auf den Entstehungsprozess, persönliche Erfahrungen, Probleme bei der Durchführung, Verbesserungsmöglichkeiten, mögliche Erweiterungen usw. eingegangen werden kann. War das Thema richtig gewählt, was wurde konkret erreicht, welche Punkte blieben offen und wie könnte man von hier aus weiter arbeiten?

### 5.1 Lesen und lesen lassen

Wenn die Arbeit fertig ist, sollten Sie diese zunächst selbst nochmals vollständig und sorgfältig durchlesen, auch wenn man vielleicht das mühsam entstandene Produkt längst nicht mehr sehen möchte. Zusätzlich ist sehr zu empfehlen, auch einer weiteren Person diese Arbeit anzutun – man wird erstaunt sein, wieviele Fehler man selbst überlesen hat.

### 5.2 Checkliste

Abschließend noch eine kurze Liste der wichtigsten Punkte, an denen erfahrungsgemäß die häufigsten Fehler auftreten (Tab. 5.1).

Table 5.1: Checkliste. Diese Punkte bilden auch die Grundlage der routinemäßigen Formbegutachtung.

- ☐ **Titelseite:** Länge des Titels (Zeilenumbrüche), Name, Abteilung, Datum.
- ☐ **Erklärung:** vollständig Unterschrift.
- ☐ **Inhaltsverzeichnis:** balanzierte Struktur, Tiefe, Länge der Überschriften.
- ☐ **Kurzfassung/Abstract:** präzise Zusammenfassung, Länge, gleiche Inhalte.
- ☐ **Überschriften:** Länge, Stil, Aussagekraft.
- ☐ **Typographie:** sauberes Schriftbild, keine "manuellen" Abstände zwischen Absätzen oder Einrückungen, keine überlangen Zeilen, Hervorhebungen, Schriftgröße, Platzierung von Fußnoten.
- ☐ **Punktuation:** Binde- und Gedankenstriche richtig gesetzt, Abstände nach Punkten (vor allem nach Abkürzungen).
- ☐ **Abbildungen:** Qualität der Grafiken und Bilder, Schriftgröße und -typ in Abbildungen, Platzierung von Abbildungen und Tabellen, Captions. Sind *alle* Abbildungen (und Tabellen) im Text referenziert?
- ☐ **Gleichungen/Formeln:** mathem. Elemente auch im Fließtext richtig gesetzt, explizite Gleichungen richtig verwendet, Verwendung von mathem. Symbolen.
- ☐ **Quellenangaben:** Zitate richtig referenziert, Seiten- oder Kapitelangaben.
- ☐ **Literaturverzeichnis:** mehrfach zitierte Quellen nur einmal angeführt, Art der Publikation muss in jedem Fall klar sein, konsistente Einträge, Online-Quellen (URLs) sauber angeführt.
- ☐ **Sonstiges:** ungültige Querverweise (??), Anhang, Papiergröße der PDF-Datei ( $A4 = 8.27 \times 11.69$  Zoll), Druckgröße und -qualität.



# Index