

Research Lab for Deep Learning Mars Science Laboratory Curiosity Rover

Studienarbeit (T2_000)

für die Prüfung zum

Bachelor of Science

des Studiengangs Angewandte Informatik an der
Dualen Hochschule Baden-Württemberg Mosbach

von

Niklas Koopmann

Abgabedatum	25. März 2020
Bearbeitungszeitraum	24 Wochen
Matrikelnummer, Kurs	9742503, MOS-TINF17B
Ausbildungsunternehmen	Deutsche Bundesbank
Gutachter der Dualen Hochschule	Dr. Carsten Müller

Ehrenwörtliche Erklärung

Erklärung

Ich versichere hiermit, dass ich meine Bachelorarbeit (bzw. Studien- und Projektarbeit) mit dem Thema „Mars Science Laboratory Curiosity Rover“ selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt. *

* falls beide Fassungen gefordert sind

Ort, Datum

Niklas Koopmann

Hinweis: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachform verzichtet (*generisches Maskulinum*). Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Abstract

Zusammenfassung

Inhaltsverzeichnis

Abstract	III
Abkürzungsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
Quelltextverzeichnis	VIII
1 Spezifikation	1
1.1 Motivation	3
1.2 Aufgabenstellung	3
2 Modell	4
2.1 Vorderansicht	4
2.2 Seitenansicht	4
2.3 Ansicht von oben	4
3 Implementierung	5
3.1 Installation und Konfiguration Raspberry Pi	5
3.2 Installation und Konfiguration Kamera	5
4 Nachweis der Leistungsfähigkeit	7
5 Fazit	8
5.1 Ausblick	8
Literaturverzeichnis	9
Anhang	10

Abkürzungsverzeichnis

DHBW	Duale Hochschule Baden-Württemberg
GPIO	General Purpose Input/Output
HSV	Hue, Saturation, Value
NASA	National Aeronautics and Space Administration
RGB	Rot, Grün, Blau

Abbildungsverzeichnis

3.1	Blauer LEGO-Stein 3005	5
-----	----------------------------------	---


Tabellenverzeichnis

Quelltextverzeichnis

1 Spezifikation

Studienarbeit

Spezifikation

Titel	Research Lab for Deep Learning (Prio 1) Mars Science Laboratory Curiosity Rover
Bearbeiter	Niklas Koopmann
Zielsetzung	Konzeptionierung und Implementierung eines Rover für die Erkundung einer (Mars-)Oberfläche.
Wichtige Hinweise	Präsentation ausgewählter Ergebnisse auf der renommierten Konferenz „ICSI 2020“, der „AI Night“ sowie der „Hannover Messe 2020“.
Beschreibung:	
<p>Mars Science Laboratory ist eine NASA-Mission im Rahmen des Flagship-Programms, die den Mars hinsichtlich seiner aktuellen und vergangenen Eignung als Biosphäre erforscht.</p> <p>Hierzu wurde auf der Oberfläche ein weitgehend autonomer Rover mit dem Namen Curiosity abgesetzt, der mit Instrumenten zur Untersuchung von Gestein, Atmosphäre und Strahlung ausgerüstet ist.</p> <p>Animation https://www.youtube.com/watch?v=P4boyXQuUlw</p>	
	
<p>Eine LKW-Plane wird mit Mustern – zwecks Klassifizierung von Gesteinstypen – bedruckt. Unter der LKW-Plane wird Sand aufgeschüttet, um ein Gelände mit Höhen und Tiefen zu schaffen.</p> <p>Der Rover ist durch eine geeignete Fahrwerkskonstruktion weitestgehend gegen Kippen zu sichern.</p> <p>Über die Sprachkommandos <i>Start</i>, <i>Move Left</i>, <i>Move Right</i> und <i>Stop</i> wird der Rover gesteuert.</p> <p>Zusätzlich werden rechteckige kleine Objekte 🟦 (Wasser) an beliebigen Stellen auf der LKW-Plane platziert. Der Rover bewegt sich innerhalb definierter Grenzen auf der LKW-Plane. Hat der Rover ein (trainiertes) bekanntes Objekt gefunden, wird die Klassifizierung zu Simulationszwecken als Sprachausgabe kommuniziert, wie z.B. Water found. Bei dem Fund von Wasser wird zusätzlich das Objekt als Probe aufgenommen und in einem Behälter gesammelt.</p>	
Organisation	5. Semester: Konzeptionierung, Prototypische Implementierung; 6. Semester: Produktive Implementierung, Test, Dokumentation.
Rahmenbed.	Raspberry Pi, Pixy-Kamera, Programmiersprache: Python; ggf. zusätzliche Teile sind im 3D-Druck zu erstellen Das Lego-Modell ist formschön für die Messe-Präsentation zu realisieren. Raspberry Pi und Lego-Teile für die prototypische Implementierung werden leihweise von der DHBW (Labor Digitale Fabrik) zur Verfügung gestellt.
Status	Final

Projektorganisation

Meilensteine 5. Semester (1. Abschnitt)

Zielsetzung ist eine qualitativ hochwertige Studienarbeit mit der Bewertung 1.0.

5. Semester: Konzeptionierung und Prototypische Implementierung kritischer Komponenten		
#	Meilenstein	Termin
M01	Basis-Installation und Konfiguration Raspberry Pi	20.10.2019
M02	Steuerung Rover über Sprachkommandos	03.11.2019
M03	Basis-Installation und Konfiguration Pixy-Kamera	10.11.2019
M04	Erkennung von Wasserobjekten und Sprachausgabe	24.11.2019
M05	Sechsrädriges Antriebssystem für unebenes Gelände	01.12.2019
M06	Dokumentation mit BrickLink Studio (Version 2.0.10) https://studio.bricklink.com/v3/studio/download.page	08.12.2019

Die Termine zu den Meilensteinen M01-M06 sind verbindlich.

Zu jedem Meilenstein findet eine Skype Session zwecks Qualitätssicherung und Abnahme statt.

Bitte vor der Skype Session die Dropbox mit qualitativ hochwertigen Arbeitsergebnissen aktualisieren.

1.1 Motivation

Am 6. August 2012 landete der Rover *Curiosity* als Teil der Mission *Mars Science Laboratory* der US-amerikanischen Raumfahrtbehörde National Aeronautics and Space Administration (NASA) [4]. Seither hat er rund 21,93 Kilometer zurückgelegt (Stand: Sol 2695) [3].

...

Dieses Projekt wird im Rahmen des Research Lab for Deep Learning der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) zeitgleich mit der Erforschung schwarmbasierter Logistikabläufe durchgeführt. Langfristig soll es unter anderem zum Zwecke einer schwarmbasierten Erkundung marsähnlicher Landschaften weiterentwickelt werden können.

1.2 Aufgabenstellung

Ziel dieser Arbeit ist die „Konzeptionierung und Implementierung eines Rover für die Erkundung einer (Mars-)Oberfläche“ [2].

2 Modell

Im ersten Schritt soll die digitale Modellierung des zu erschaffenden Mars Rovers erfolgen. Dazu wird gemäß der Spezifikation die Anwendung BrickLink-Studio (in der Version 2.0.10) genutzt. Diese ermöglicht die umfangreiche und präzise Modellierung mit LEGO-Elementen sowie beispielsweise Funktionen zur Stabilitätsanalyse der Generierung schrittweiser Bauanleitungen. In den folgenden drei Abschnitten sind jeweils eine gerenderte Front- und Seitenansicht und eine Draufsicht des Mars-Rover-Modells dargestellt. Zusätzlich ist zum Vergleich in jedem Abschnitt eine Fotografie des realen Modells aus der entsprechenden Perspektive abgebildet.

2.1 Vorderansicht

2.2 Seitenansicht

2.3 Ansicht von oben

3 Implementierung

In diesem Kapitel wird die gesamte Systemumgebung um das Steuerelement in Form eines Raspberry Pi beschrieben und erläutert.

3.1 Installation und Konfiguration Raspberry Pi

Die Steuerung des Mars-Rover-Modells erfolgt zentral über einen Raspberry Pi 3 Model B Plus (Revision 1.3). Auf diesem ist die Debian-basierte Distribution Raspbian for Robots der US-amerikanischen Firma Dexter Industries installiert worden. Dieses Betriebssystem enthält standardmäßig viele zusätzliche Anwendungen und Treiber vorinstalliert für den Einsatz des Raspberry Pi zur Steuerung von Robotern. Insbesondere sind alle benötigten Bibliotheken zur Nutzung der zusätzlichen Platine BrickPi vorinstalliert und -konfiguriert. Der BrickPi ist ebenfalls ein Produkt von Dexter Industries und stellt eine Schnittstelle zwischen den verschiedenen LEGO-Mindstorms-Sensoren und -Motoren zum Raspberry Pi bereit. Er fungiert dabei auch als Stromquelle für diese sowie für den Raspberry Pi selbst und muss dazu lediglich auf dessen Pins für General Purpose Input/Output (GPIO) aufgesteckt werden.

3.2 Installation und Konfiguration Kamera

Für die Videoeingabe wird die originale Raspberry Pi Camera V2 genutzt. Die Aufnahmen erfolgen mit einer Auflösung von 1280×720 Pixeln und einer Frequenz von 60 Hz, sodass Wasserobjekte auch während der Fahrt gut erkannt werden können.



Quelle: <https://www.bricklink.com/v2/catalog/catalogitem.page?P=3005&C=7>

Die Objekterkennung für Wasserobjekte erfolgt mithilfe der Programmbibliotheken picamera und OpenCV. Erstere stellt eine Schnittstelle zwischen der Raspberry-Pi-Kamera und Python zur Verfügung. Letztere ermöglicht die Echtzeitverarbeitung der Kamerabilder: Die Objekte werden auf Basis ihrer blauen Farbe erkannt, da sich diese deutlich von der charakteristischen Farbe der Vorbildlandschaften des Mars unterscheidet. Letztere sei eine

Abbildung 3.1: Blauer LEGO-Stein 3005

„predominantly yellowish brown color with only subtle variation“ [1]. Die LEGO-Steine, welche als Wasserobjekte fungieren, haben die LEGO-Farb-ID 7. Diese korrespondiert mit dem Farbcode #0057A6 in Hexadezimaldarstellung. Ein solcher LEGO-Stein ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

Da eine farbwertbasierte Erkennung der Wasserobjekte genutzt wird, entfällt das Trainieren eines Erkennungsalgorithmus, wie es bei einem neuronalen Netz nötig wäre. Die Farbeigenschaften des LEGO-Steins werden in Komponenten für rote, grüne und blaue Farbanteile aufgeteilt und in der Konfiguration hinterlegt. Das Python-Skript berechnet für die RGB-Farbangaben die entsprechenden HSV-Werte. In letzterer Darstellung ist die Information über tatsächliche Farbe nur noch im Hue-Wert (0 bis 255) hinterlegt, sodass für diesen eine bestimmte Abweichung (Standard: ± 10) definiert werden kann. Die Sättigung (Saturation) und der Hellwert (Value) (beide ebenfalls von 0 bis 255 definiert) werden in einem breiten Spektrum toleriert: Standardmäßig lässt das Skript hier Werte von mindestens 80 und höchstens 255 zu. Mithilfe dieser Parameter wird eine solide Erkennung der Präsenz der LEGO-Steine gewährleistet.

4 Nachweis der Leistungsfähigkeit

Der Nachweis der Leistungsfähigkeit ist mit dem folgenden (vereinfachten) Modell zu erbringen:

- Die Geländetauglichkeit ist obsolet, hingegen ist die Formschönheit und Stabilität zu perfektionieren.
- Auf dem Boden sind kleine blaue Objekte - welche Wasser symbolisieren - verteilt.
- Mars Rover wird über die Sprachkommandos Start, Move Left, Move Right und Stop gesteuert.
- Hat der Mars Rover ein (trainiertes) bekanntes Objekt gefunden, wird die Klassifizierung zu Simulationszwecken als Sprachausgabe kommuniziert.
- Das Sammeln der klassifizierten Objekte in einem Behälter ist obsolet.

5 Fazit

5.1 Ausblick

Literaturverzeichnis

- [1] J. N. Maki, J. J. Lorre, P. H. Smith, R. D. Brandt und D. J. Steinwand. „The color of Mars: Spectrophotometric measurements at the Pathfinder landing site“. In: *Journal of Geophysical Research* 104.E4 (25.04.1999), S. 8781–8794 (siehe S. 6).
- [2] C. Müller. *Studienarbeit: Spezifikation*. Version final. 12.10.2019 (siehe S. 3).
- [3] NASA. *Where is Curiosity?* 2020. URL: https://mars.nasa.gov/msl/mission/where-is-the-rover/?page=0&per_page=25&order=sol+desc&search=&category=176%3A295&url_suffix=%3Fsite%3Dmsl (besucht am 25.03.2020) (siehe S. 3).
- [4] A. R. Vasavada et al. „Overview of the Mars Science Laboratory mission: Bradbury Landing to Yellowknife Bay and beyond“. In: *Journal of Geophysical Research: Planets* 119 (05.06.2014), S. 1134–1161. DOI: 10.1002/2014JE004622 (siehe S. 3).

Anhang