

DOKUMENTATION

Future Engineers 2024

robofactory (Jesse Born, Julian von Hoff)
xcolor



April 2024

Eingereicht bei der WRO Regio in Waldkirch bei Freiburg

1 MOTORISIERUNG

Als Hauptantrieb verwenden wir eine handelsübliche Kombination aus Fahrtenregler und Motor, die aus dem Modelbau stammt. Wir verwenden einen 21.5T gewickelten Motor von Tamiya mit eingebautem Drehgeber und das dazugehörige ESC TBLE-04SR. Über ein Differentialgetriebe und eine gesamthafte Untersetzung um den Faktor 3.122:1 bringt unser Fahrzeug seine Motorleistung über einen Heckantrieb auf den Boden.

2 ENERGIE & SENSOREN

Der einzige Sensor den wir verbaut haben, ist eine RGB-D Kamera von Orbbec, eine Astra Embedded S. Dieses relativ preiswerte Auslaufprodukt ermöglicht nebst der klassischen Webcamfunktion auch das Erfassen von Tiefeninformation mittels strukturiertem Infrarotlicht. Via USB / UVC-Protokoll wird das Kamerabild an unseren Hauptrechner, einen Raspberry Pi 4B übertragen.

3 HINDERNISSE

Das von unserer Kamera erfasst RGB- bzw. BGR-Bild folgt nun 2 Pfaden: Der erste ist dafür zuständig, während dem Hindernisrennen die farbigen Klötze zu erkennen. Entlang dem zweiten Pfad werden mittels Graustufenbild und Hough-Lines-Algorithmus die Banden des Spielfeldes erkannt und lokalisiert.

3.1 BANDEN

Als erstes erstellen wir ein Bild, in dem nur alle (fast) schwarzen Pixel abgebildet sind. Darin suchen wir anschliessend nach kontrastreichen Kanten. Haben wir die Kanten gefunden, segmentieren wir mittels probabilistischer Hough-Transformation zusammenhängende Kanten aus. Nun filtern wir diese Kanten weiter, wir überspringen alle Linien, welche...

1. keinen Endpunkt in einem Streifen um die Bildmitte haben
2. eine Nulllänge haben
3. komplett über der Bildmitte liegen
4. vertikal im Bild stehen

So erhalten wir pro Wand eine Linie, an der unteren Kante dieser, an der Stelle wo sie auf die Spielfeldmatte trifft. Mittels des 2. Strahlensatzes können wir nun den Abstand schätzen.

$$d = \frac{1}{(y_{\text{Endpunkt}} - y_{\text{Bildmitte}})} * s_d$$

(d : Abstand, y_{Endpunkt} : y-Koordinate eines Linienendpunktes im Bild, $y_{\text{Bildmitte}}$: Parallaxenmitte des Kamerabildes und s_d : konstanter Faktor, der sich zwar aus den intrinsischen Kameraparametern ableitet, jedoch experimentell bestimmen wurde.)

Wände werden nun in drei Klassen unterteilt:

- Rechts: Eine Wand am rechten Bildrand
- Links: Eine Wand am linken Bildrand
- Mitte: Eine Wand, deren Steigungswinkel unter 0.05 (rad) liegt.

Diese Klassifizierung wird auch zu Beginn des Laufs zur feststellung der Rundenrichtung verwendet – ist eine linke Wand sichtbar, wird im Uhrzeigersinn gefahren.

3.2 HINDERNISSE

Das originale RGB-Bild wird in den HSV-Farbraum umgerechnet, um rot und grün deutlich unterscheiden zu können. Diesen Trick kennen und nutzten wir bereits seit mehreren Jahren in der Kategorie RoboMission der WRO. Pixel die nun zwischen der Rot- bzw. Grüngrenzen liegen, werden als der Farbe entsprechend gespeichert. Auf diesen Binärbildern werden nun die Konturen erkannt und die Mittelpunkte sowie die Breite und Höhe bestimmen.

Analog zu oben, jedoch nur mit der Höhe der erkannten Kontur, wird mittels Strahlensatz der Abstand zum Hindernis geschätzt.

3.3 STEUERSIGNAL

Mit dem Abstand gewichtet, wird nun für jedes erkannte Objekt, also Banden und Hindernisse, dessen bevorzugte richtung in einen Wert summiert.

$$s := \frac{\sum \frac{1}{d_i}}{T}$$

Dieser Wert wird dann normalisiert auf das geschlossene intervall $[-1; 1]$. Der normalisierte Wert wird dann auf den Lenkansschlag des Servos abgebildet, so dass 0 auch einem gerade getrimmten Auto entspricht.

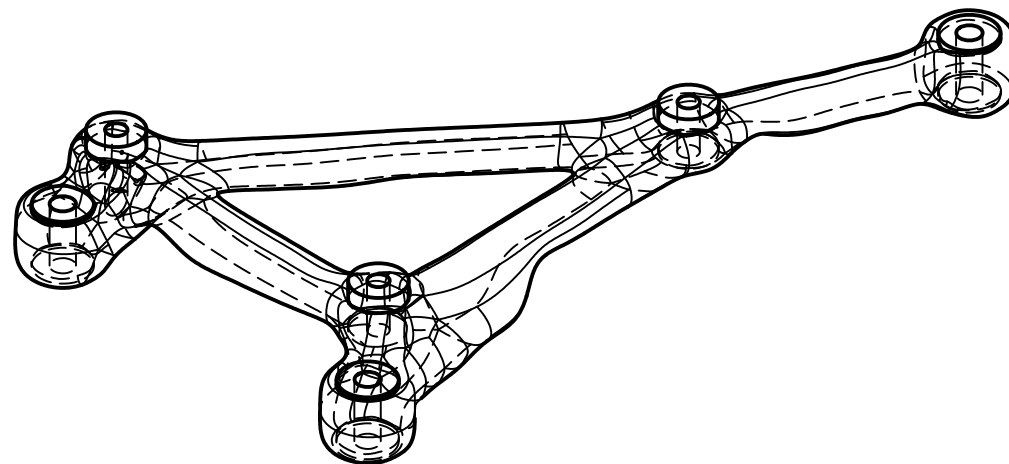
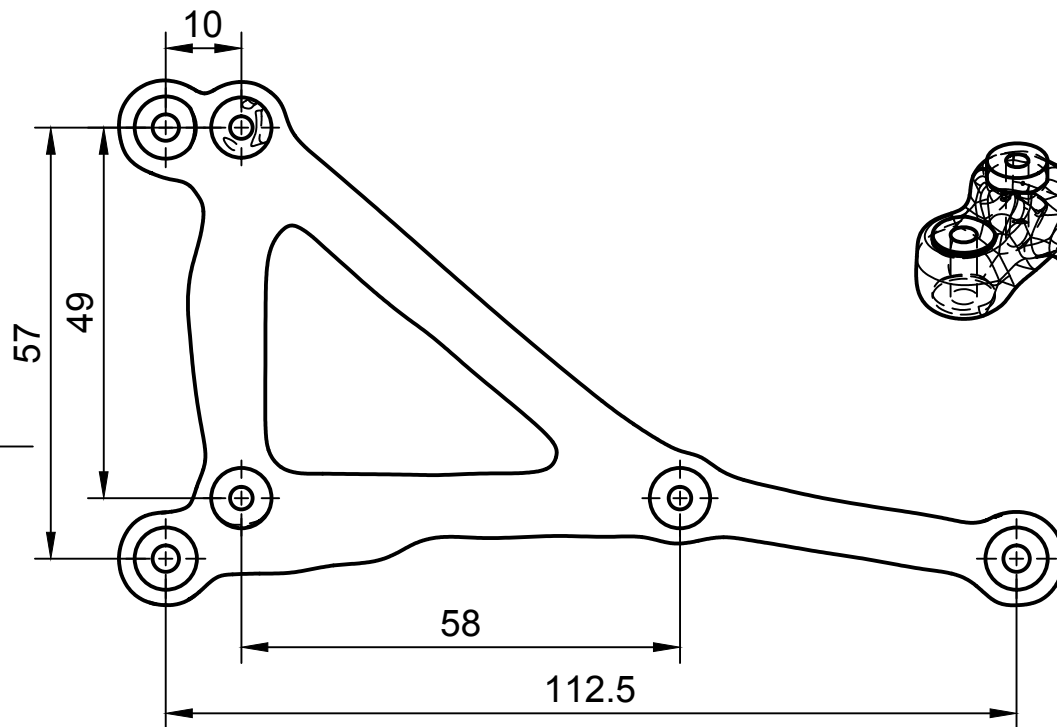
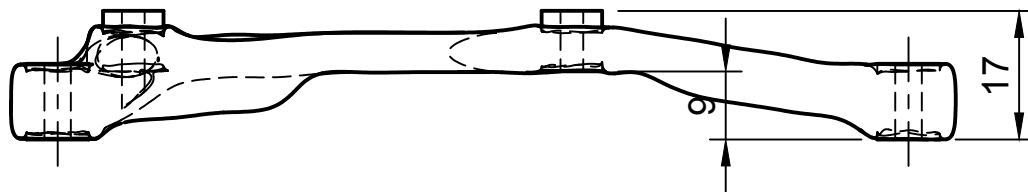
$$\alpha := \left[\frac{s}{16.0} \right]_{-1}^1$$

4 FOTOS

5 ENGINEERING & DESIGN

Der Bausatz des Chassis stammt ebenfalls aus dem Hause Tamiya – den klassiker M-08 Concept haben wir modifiziert, dass der Einschlag der Lenkung grösser und die Federung so steif wie nur möglich ist. (Siehe Kapitel "3 - Hindernisse"). Die vordere Stossstange, bestehend aus einem dichten Schaumstoff haben wir an der Bandsäge gekürzt, so dass die gesamtlänge des Autos auch in die vorgegebenen 300 mm passt. Ergänzt haben wir den fahrbaren Unterbau mit einer Kamerahalterung über der vorderen Stossstange. Die Kamera hält darin Reibungsbasiert und lässt sich für Wartungsarbeiten rund um diese leicht entfernen. Aus Notdurft – um unseren Wanderkennungsalgorithmus zu unterstützen – haben wir die hydraulische Federung des Chassisbausatzes mit soliden, 3d-gedruckten Teilen ersetzt. Damit vermeiden wir, dass unser Auto rollt oder nickt – denn dies macht die visuelle Distanzschätzung ungenau bis unbrauchbar.

6 ANHÄNGE



Dept.	Technical reference	Created by Jesse Born	29.04.24	Approved by
		Document type	Document status	
		Title Raspberry PI mount	DWG No.	
		Rev.	Date of issue	Sheet 1/1