

universität freiburg

Steuerung eines Elektrofahrzeugs durch die Drehmomente der Räder und Regelung im Anhängerbetrieb

Victor Maier

Bachelor Präsentation

25. Oktober 2023

Gliederung

Kapitel der Präsentation

1. Aufbau des Fahrzeugs
2. Erweiterung mit Anhänger
3. Probleme
4. Fazit

Kapitel 1

Aufbau des Fahrzeugs

Hier wird der Aufbau des Elektrofahrzeugs
erklärt



Aufbau

Verbaute Hardware

- Motoren
 - 2 * 350W (vorne)
 - 2 * 250W (hinten)
- Real über 500W pro Motor
- 2 * Hoverboard Regler (STM32F103)
- 1 * ESP32 Wemos32 Lite
- 2 * 10kOhm Potentiometer
- 1 * Happymodel EP2 ELRS Reciver



Aufbau

Fernsteuerung

Hier wird die verwendete Hardware zur Fernsteuerung erläutert

- Jumper T-Pro
- ExpressLRS
- HM EP2 Reciver
- CRSF mit 420000 Baud
- Eingang auf Hardwareserial 2

Aufbau

Allradregelung

Hier die Verwendeten Formeln

$$V_{bw} = \frac{L_{WHEELBASE}}{\tan(\alpha)}$$

$$V_{bw_0} = \frac{V_{bw} - \frac{L_{WIDTH}}{2} * \text{sign}(\alpha)}{V_{bw}}$$

$$V_{bw_1} = \frac{V_{bw} + \frac{L_{WIDTH}}{2} * \text{sign}(\alpha)}{V_{bw}}$$

$$V_{fw_0} = \frac{\sqrt{\left(V_{bw} + L_{WIDTHSTEER} * \text{sign}(\alpha)\right)^2 + L_{WHEELBASE}^2 + L_{WIDTHSTEER_2WHEEL}^2}}{V_{bw}}$$

$$V_{fw_1} = \frac{\sqrt{\left(V_{bw} - L_{WIDTHSTEER} * \text{sign}(\alpha)\right)^2 + L_{WHEELBASE}^2 + L_{WIDTHSTEER_2WHEEL}^2}}{V_{bw}}$$

Aufbau

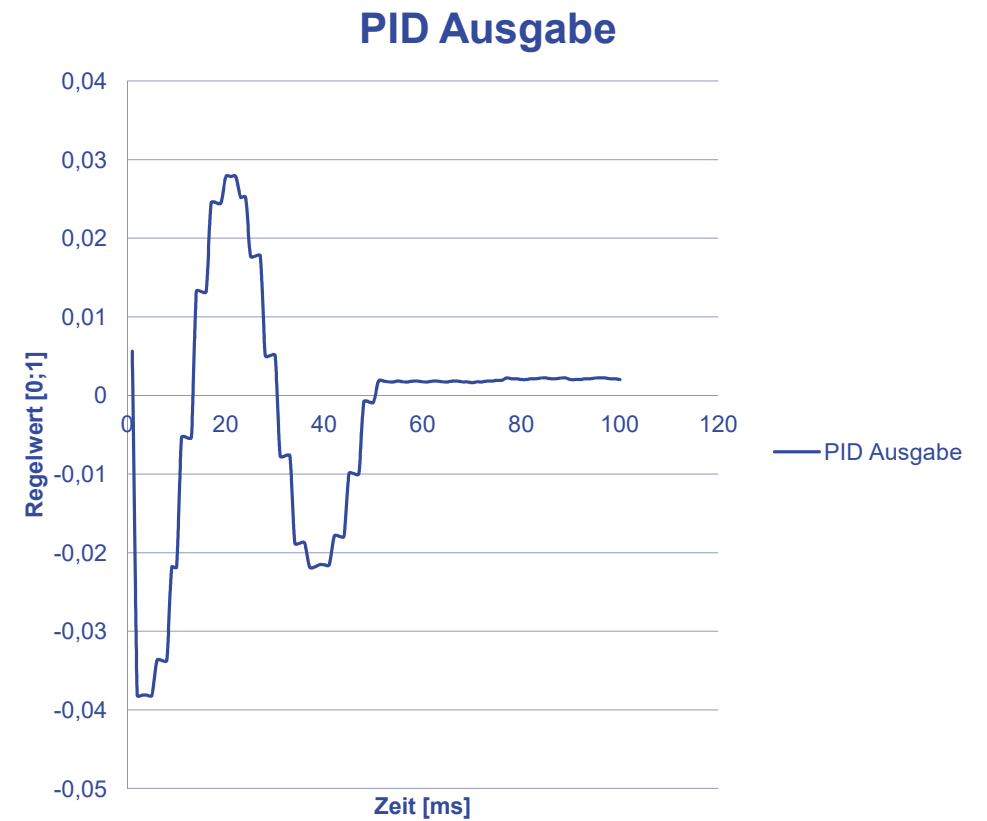
Lenkregelung PID

Die Spezifikationen der Lenkregelung

- P-Regler
- PID-Arduinolibrary
- $K_p = 0,125$
- $K_i = K_d = 0$
- Differentielles Ansteuern der Räder
- Alle 20ms ein Regelungseingriff

Aufbau

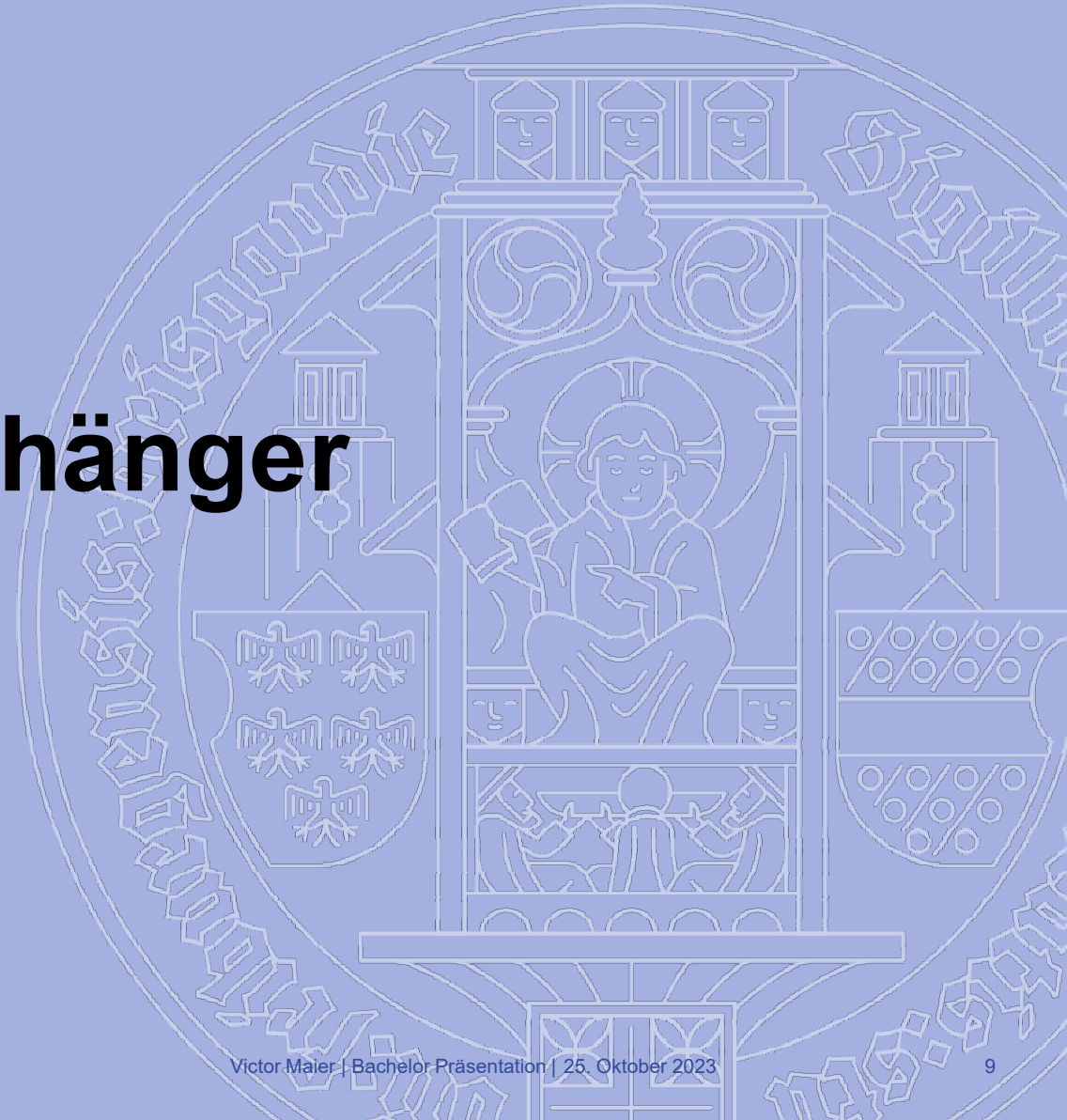
Lenkregelung PID Messwerte



Kapitel 2

Erweiterung mit Anhänger

In diesem Teil der Präsentation wird die Erweiterung des Modells mit einem Anhänger erläutert



Anhänger

Mechanischer Aufbau

- 10kOhm Potentiometer
- Mechanischer Höhenausgleich
- Einachsanhänger
- Führungsschne über der Anhängerkupplung



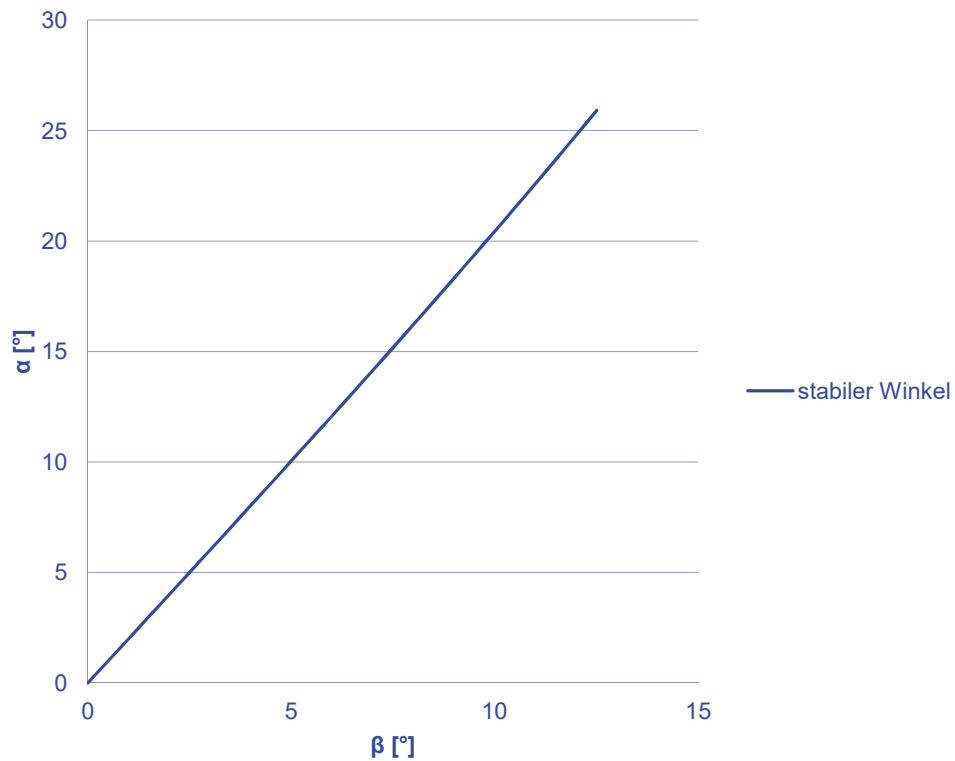
Anhänger Simulator

| Modellierung über Splices | Näherung über Kreisbögen | Näherung über Dreiecke |
|--|---|---|
| Sehr komplex | Komplex | Einfach |
| Exakt (Kann von Wendepunkt zu Wendepunkt simuliert werden) | Präzise (Spiralensegmente werden als Kreisbögen angenommen) | Unpräzise (kleine Schrittweite notwendig) |
| | Nicht Schnell ausführbar | Schnell ausführbar |
| Nicht Implementiert | Nicht Implementiert | Implementiert |

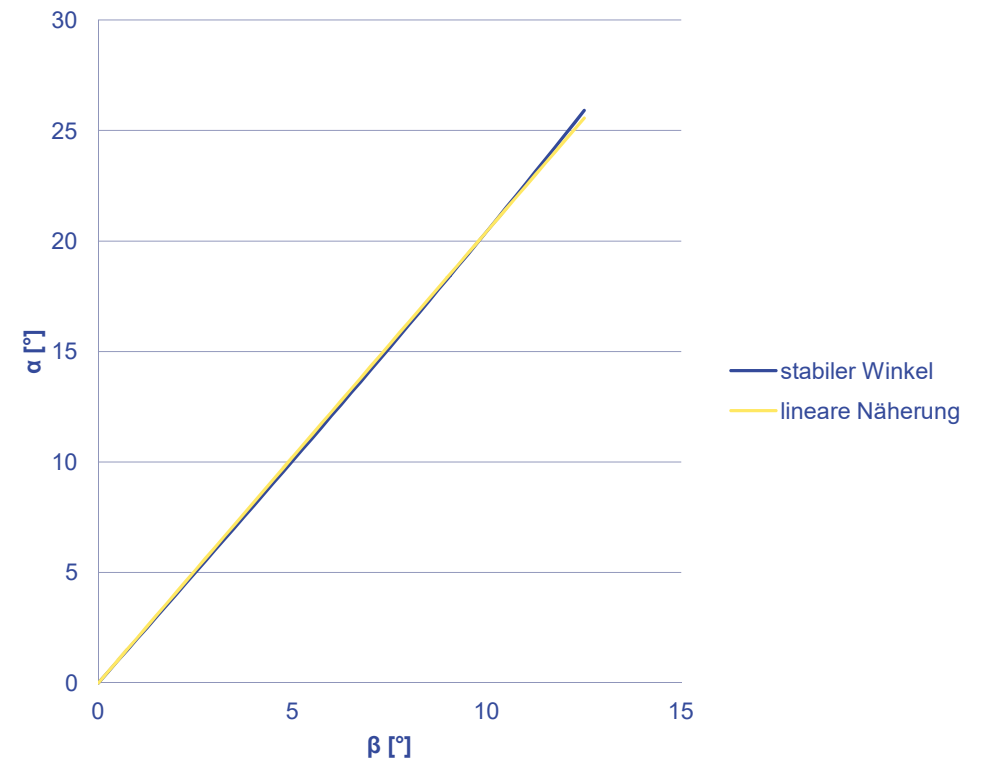
Anhänger

Stabiler Winkel

Funktion für den stabilen Winkel



lineare Näherung



Anhänger Regelung

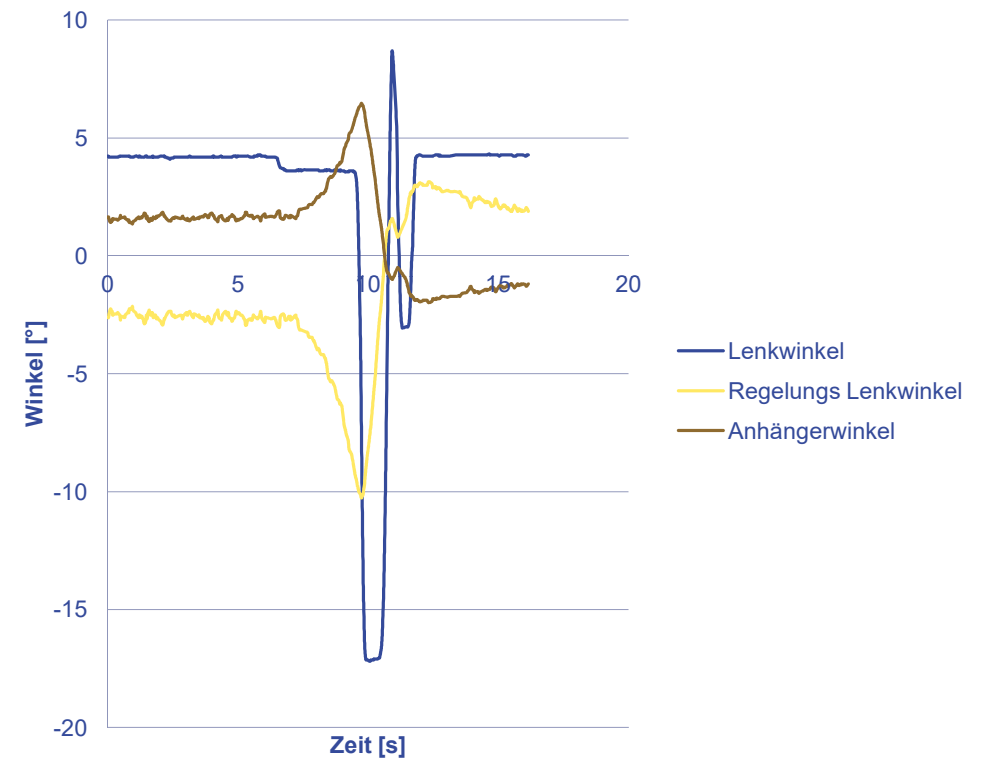
| Livesimulation | Lookuptable | Lineare Regelung |
|--|--|--|
| Zeitaufwendig | Schnelles Nachschauen | Schnelles Verarbeiten |
| Parameter können live angepasst werden | Nach einer Anpassung der Parameter muss die Tabelle neu generiert werden | Parameter können nur schwer angepasst werden |
| Langsam ausführbar | Schnell ausführbar/Lange Erstellung | Schnell ausführbar |
| Implementiert | Implementiert | Aktuell verwendet/Funktioniert |

Anhänger

Lineare Anhängerregelung

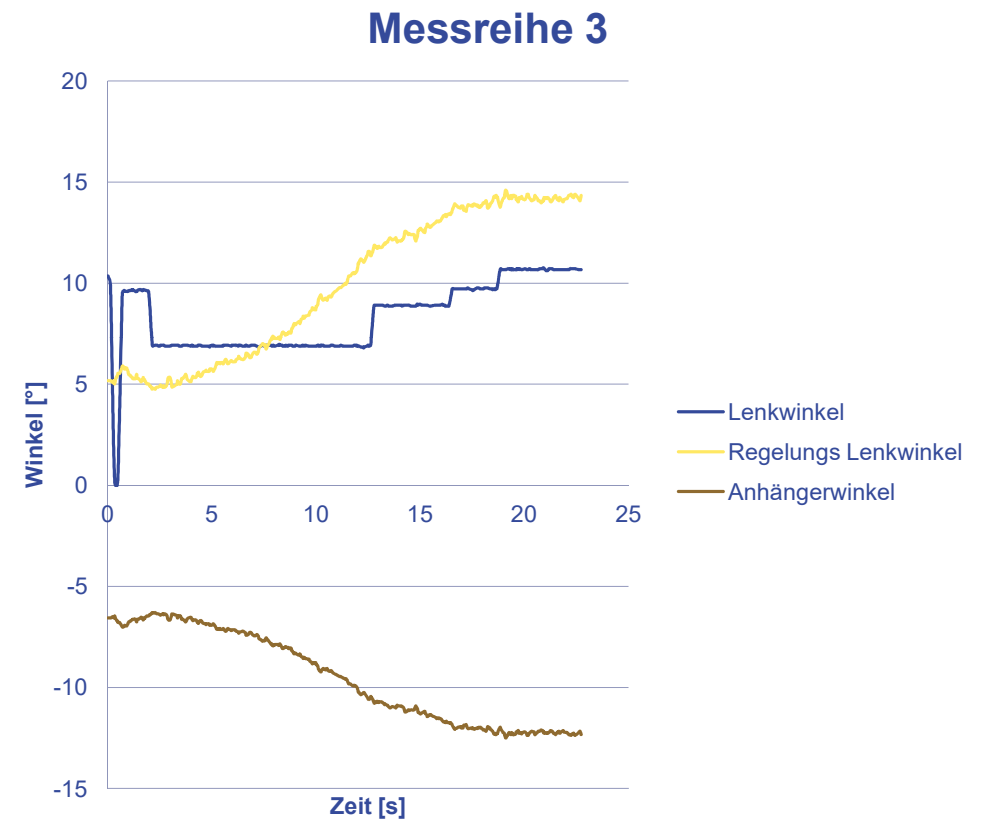
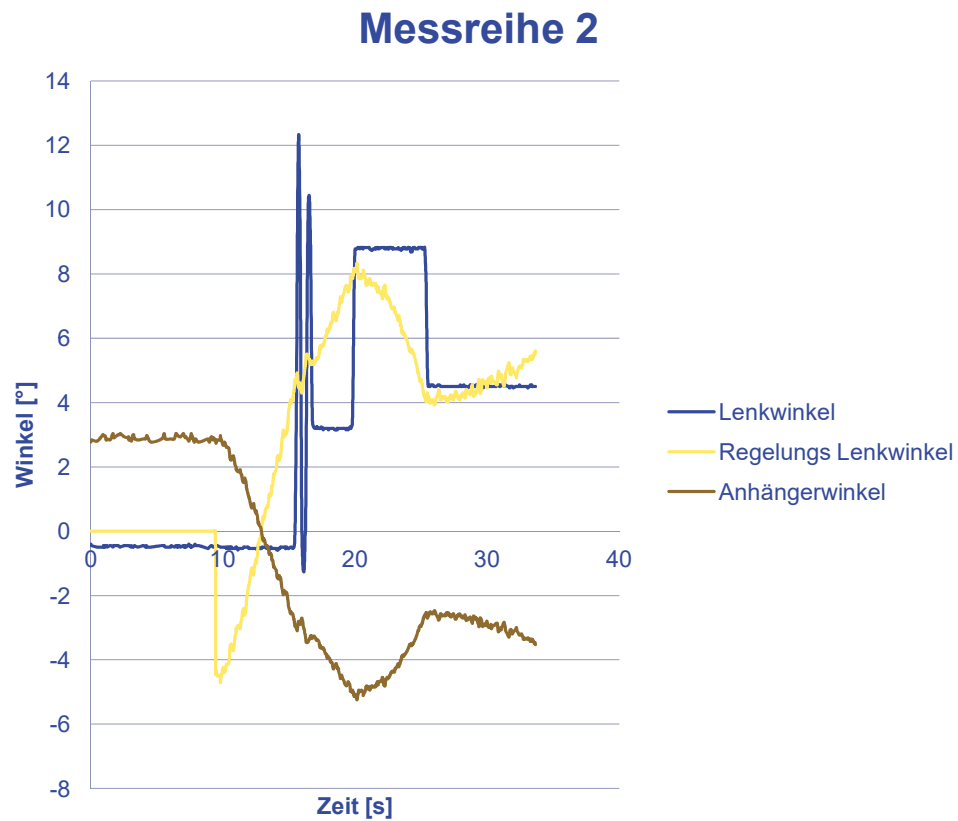
- Auf dem Diagramm der Messreihe ist zu sehen, dass die PID-Regelung erst bei einer Differenz von c.a. 5° beim Anhänger Soll und Ist Winkel, aktiv wird
- Hierbei ist sichtbar, dass es eine funktionierende Korrektur gibt

Messreihe 1: Näherung auf 0°



Anhänger

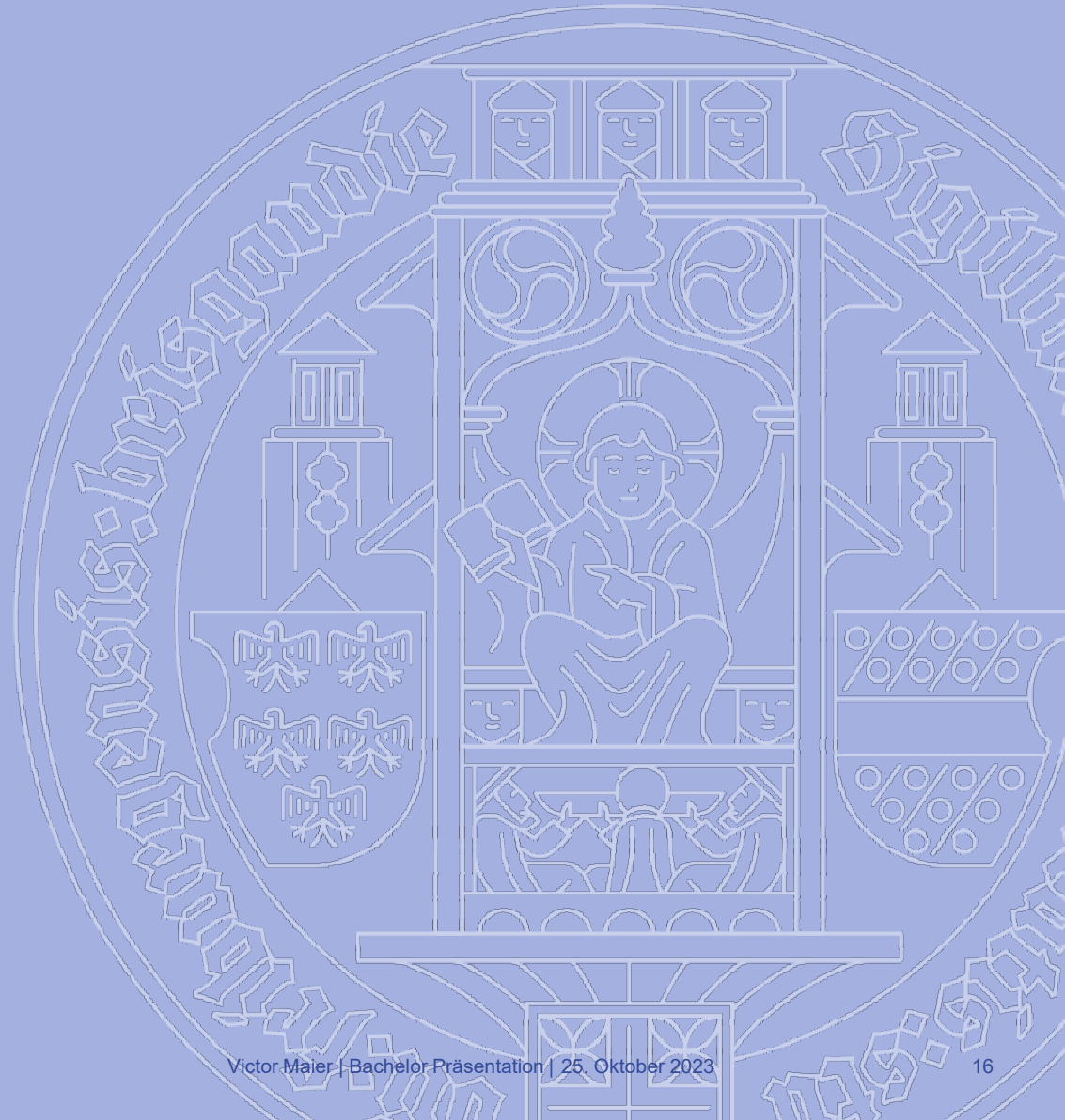
Lineare Anhängerregelung



Kapitel 3

Probleme

Hier wird ein Teil der Probleme, die in der Arbeit aufgetreten sind erläutert



Probleme

ESP32 Zuverlässigkeit

Im Laufe des Projekts sind eine Hand voll Developmentboards gestorben

- Ein Board ist bei Arbeiten im Bobbycar kaputt gegangen. Ein Hoverboardakku ist auf das USB Kabel gefallen und hat die USB Buchse abgerissen
 - Lösung: Buchse neu auflöten
 - 5 Tage Später war das Board komplett defekt und musste getauscht werden
- Ein Board ist ohne Erkennbaren Grund gestorben
 - Lösung: Neues Board

Probleme

ESP-IDF Standardlibrary

Probleme der ESP-IDF in der C Standardlibrary

- **fgets**

- fgets fügt konsequent keine ,\0' am Stringende an und hat somit lange Zeit für Speicherprobleme in Form von Segmentation Faults gesorgt
 - Wahrscheinlichkeit: 100%
 - Lösung (Workaround): Den Buffer mit memset komplett mit ,\0' füllen

- **printf**

- printf gibt nicht mehr alle Zeichen eines Strings aus und erschwert damit den Export von Messdaten
 - Wahrscheinlichkeit: 1,75-2,5% dass ein Zeichen fehlt. Bei einer Zeilenlänge von 45-50 Zeichen waren 42% unbrauchbare Zeilen messbar
 - Lösung (Workaround): Hinter einer ausgegebenen Zeile die Länge der Zeile anfügen und später mit einem Skript alle Zeilen, in denen Zeichen fehlen verwerfen

Probleme

ESP-IDF und Arduino Kompatibilität

Probleme der ESP-IDF mit Arduino bei Updates

- **Bluepad32:** Die Library sollte die Verwendung von Bluetooth Controllern ermöglichen
 - Problem: Der Controller verbindet sich nur einmal und danach ist eine Verbindung mit diesem Controller nichtmehr möglich
 - Lösung: Keine
 - Problem: Wenn die UART Console deaktiviert ist stürzt der Controller ab
 - Lösung: UART Debug output Aktivieren und die Eingabe deaktivieren, damit die eigene Console funktioniert
- **ESP-IDF 4.4**
 - Problem: Die Version lässt sich nicht mehr installieren
 - Lösung: Migration auf die Version 5.1

Probleme

ESP-IDF und Arduino Kompatibilität

Probleme der ESP-IDF mit Arduino bei Updates

- **ESP-IDF 5.1**

- Problem: Das Projekt baut nicht
- Lösung: Fehlende Abhängigkeit hinzufügen.
- Problem: Display funktioniert nicht
- Lösung: Die Arduino I2C Taktanpassung aus dem Code entfernen

- **espsoftwareserial**

- Problem: Das Timing von den gesendeten Paketen passt nicht
- Lösung: Die Deaktivierung der Interrupts während dem senden und das Nutzen von CRC32 Checksums
- Problem: Das Feedback wird falsch eingelesen
- Lösung: Keine

Kapitel 4

Fazit



Fazit

Lenkregelung

- **Das Losbrechmoment der Lenkung ist problematisch**
 - Eine mögliche Lösung wäre die Einarbeitung einer Wälzlagerung
- **Die Regelung ist zu langsam**
 - Eine Mögliche Lösung wäre es die Lenkregelung direkt auf dem vorderen Motorregelboard auszuführen

Anhängerregelung

- **Die Präzision der Regelung liegt hinter den Erwartungen zurück**
 - Dies lässt sich über eine Überarbeitung der Lenkregelung beheben
- **Die Anhängerregelung lässt sich mit einem Linearregler implementieren es ist kein Simulator notwendig**

Letzte Folie
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

