



Carolo-Cup '13

Konzepte und Realisierung

Team FAUST

Hauke Schröder und Torben Becker

05. Februar 2013

Gliederung

Fahrzeugkonzept

Software Architektur

Spurführung

Hindernis- und Kreuzungserkennung

Einparkkonzept

Gliederung

Fahrzeugkonzept

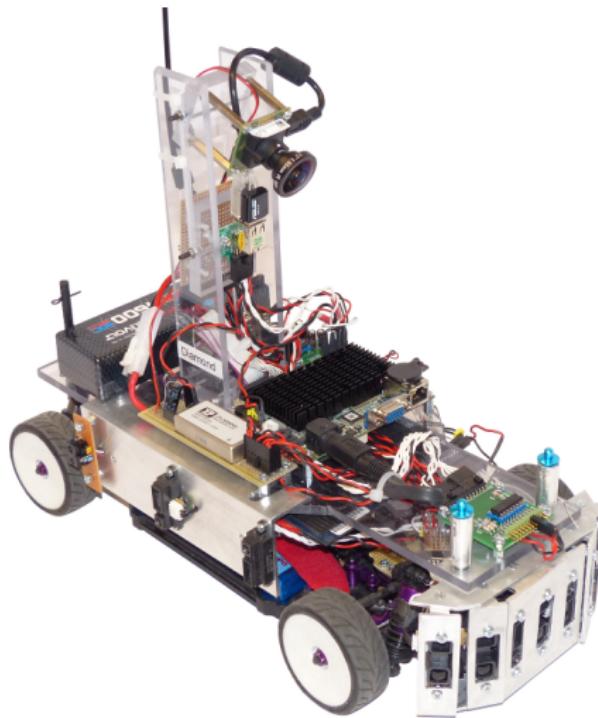
Software Architektur

Spurführung

Hindernis- und Kreuzungserkennung

Einparkkonzept

Fahrzeugkonzept



Fahrdynamische Aspekte

- ▶ Anti-Blockier-System (ABS)
 - ▶ Motorregler verhindert Blockierung der Räder
- ▶ Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)
 - ▶ Annäherung durch geschickte Lenkung und kontrollierte Geschwindigkeitsminimierung
- ▶ Anti-Schlupf-Regelung (ASR)
 - ▶ Durchdrehen der Räder detektieren und Motorleistung entsprechend verringern
 - ▶ Keine Detektion für durchdrehende Räder derzeit vorhanden

Für eigene Implementierung von fahrdynamischen Aspekten ist Einzelradansteuerung nötig

Kosten des Fahrzeuges

Chassis HB TCX	400 €
Motor, Motorregler, Ritzel, Reifen	220 €
Fernbedienung, Empfänger, Servo	150 €
Pico-PC, RAM, CF-Karte	550 €
Microcontroller Keil MCB9B500	100 €
Kamera, Objektiv	320 €
Infrarot Sensoren	190 €
Sonstiges	200 €
Gesamt	2130 €

Energieverbrauch des Fahrzeuges

Motor, Regler, Empfänger, Servo	von 2 bis 88W
Pico-PC	7,5W
Microcontroller	0,44W
Kamera	0,43W
Infrarot Sensoren	1,6W
Volle Beleuchtung	1W
Spannungswandler	10% der Leistung
Gesamt	12,07W

Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieverbrauchs

Frage nach Einsatzgebiet, Portabilität und Modularität:

- ▶ PC / Microcontroller
 - ▶ Modularer Aufbau, Portabilität
 - ▶ Energieverbrauch, teuer
- ▶ Microcontroller
 - ▶ Kostengünstig, Energieverbrauch
 - ▶ Modularität, Portabilität
- ▶ FPGA
 - ▶ Energieverbrauch, kostengünstig, Modularität
 - ▶ Entwicklungsaufwand, Portabilität

FPGA Realisierung

- ▶ Forschungsprojekt in FAUST
- ▶ Sehr schnelle Bearbeitung der Kamerabilder durch Pipeline
 - ▶ Noch geringe Auflösung der Kamera
 - ▶ Eingeschränktes Sichtfeld
- ▶ Abtastung der Umgebung vor dem Fahrzeug durch einen Laserscanner
 - ▶ Hoher Energieverbrauch
 - ▶ Lange Warmlaufphase
- ▶ Weitere Sensoren vorhanden, allerdings noch nicht implementiert

Arbeitszeit WiSe 12/13

Projektabschnitt	Stunden
Microcontroller Programmierung	30
Fertigung von Teilen	100
Einparkvorgang	400
Hindernis- und Kreuzungserkennung	400
Spurführung	500
Organisation, Meeting	50
Gesamt	1480

Anzahl der Personen: 8

Gliederung

Fahrzeugkonzept

Software Architektur

Spurführung

Hindernis- und Kreuzungserkennung

Einparkkonzept

FAUSTcore

- ▶ Implementiert unter C++
- ▶ Realisiert unter Linux
- ▶ Verwaltung und Bereitstellung von Treibern und deren Daten
- ▶ Verwaltung und Scheduling von Tasks (FAUSTplugins)
- ▶ Ausführungshierarchie durch Prioritäten (Subsumption Architektur)
- ▶ Bietet Datencontainer zur Interaktion zwischen Tasks
- ▶ Stellt Webinterface zur Verwaltung bereit

Webinterface

Driver Task

Driver	Description	active
RS232CaroloDriver (1)	Handles the RS232 communication between the pc and the uc on the Carolo car. Provides SensorValues.	<input type="checkbox"/>
UEyeDriver (17)	Supplies Camera Images - Changes Camera Settings: First bright => Images for Lane Detection Then dim => Images for IR Line Detection.	<input type="checkbox"/>
InputSimulator (5)	Loads stored images(TeststreckX.bmp) from a given folder with a given cycle. Provides CameralImage.	<input type="checkbox"/>

Logfiles

[FAUSTcore System Logfile](#) [FAUSTcore Webserver Logfile](#)

Parameter Handling

File containing parameter values:

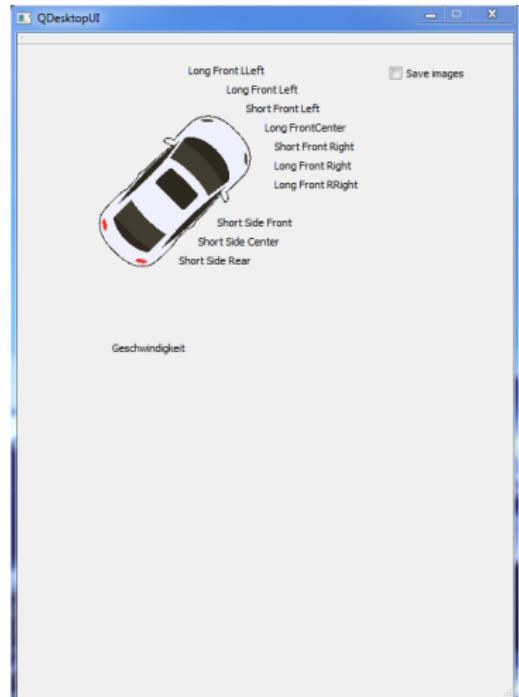
Configuration Handling

Scheduling

Scheduler::timerCycle

FAUSTsensor

Überwachungssoftware für
Windows, Linux, MacOS,
Android (Smartphone und Tablet)
sowie iPad



FAUSTplugins

- ▶ Ebenfalls in C++ implementiert
- ▶ Konkrete Implementierung von
 - ▶ Treibern
 - ▶ Tasks
 - ▶ Daten-Container für Task-Interaktion
 - ▶ Utils (Kamera Kalibrierung, projektive Transformation, ...)
- ▶ Fahrzeugspezifische Zusammenstellung von Treibern, Tasks, Datencontainer und Utils möglich

Gliederung

Fahrzeugkonzept

Software Architektur

Spurführung

Hindernis- und Kreuzungserkennung

Einparkkonzept

Sensorkonzept für Spurführung und -erkennung

Monochrom USB Kamera UI-1226LE-M von IDS

- ▶ 752x480 Pixel Auflösung
- ▶ Volle Auflösung: ca. 30 fps
- ▶ Geringere Auflösung: bis zu 84 fps
- ▶ Limitierung durch USB2.0 Bus



Objektiv BF2M15520 von Lensagon

- ▶ Fehlerbehaftete Transformationen
- ▶ 180° Blickwinkel



Rückfallebenen:

- ▶ Erkennung aller 3 Linien
- ▶ Umgebungskarte
- ▶ Bei Ausfall der Kamera: keine

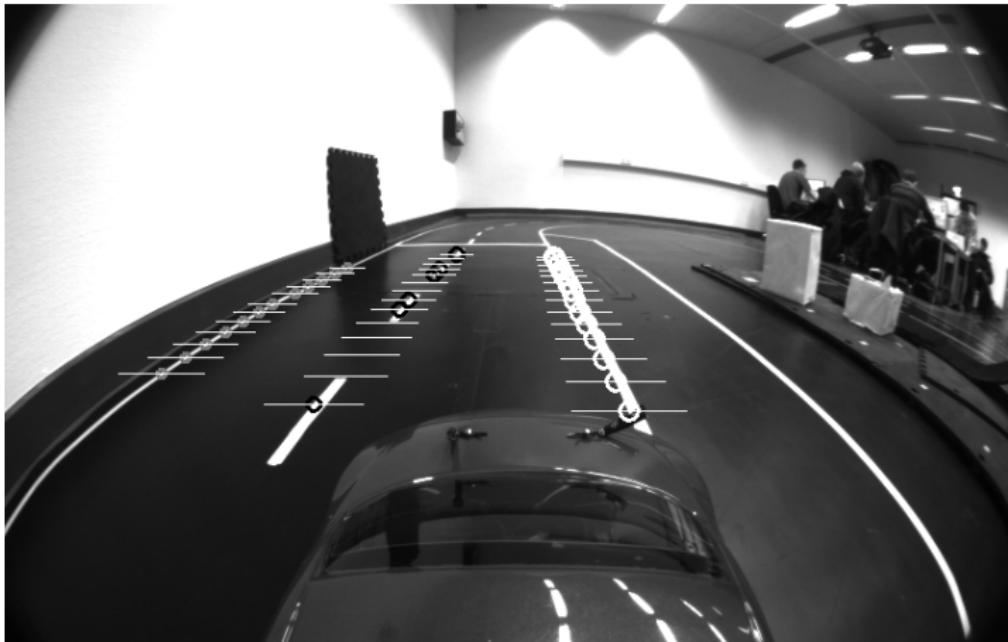
Polynomial lane recognition and identification system

Regions of Interest positionieren



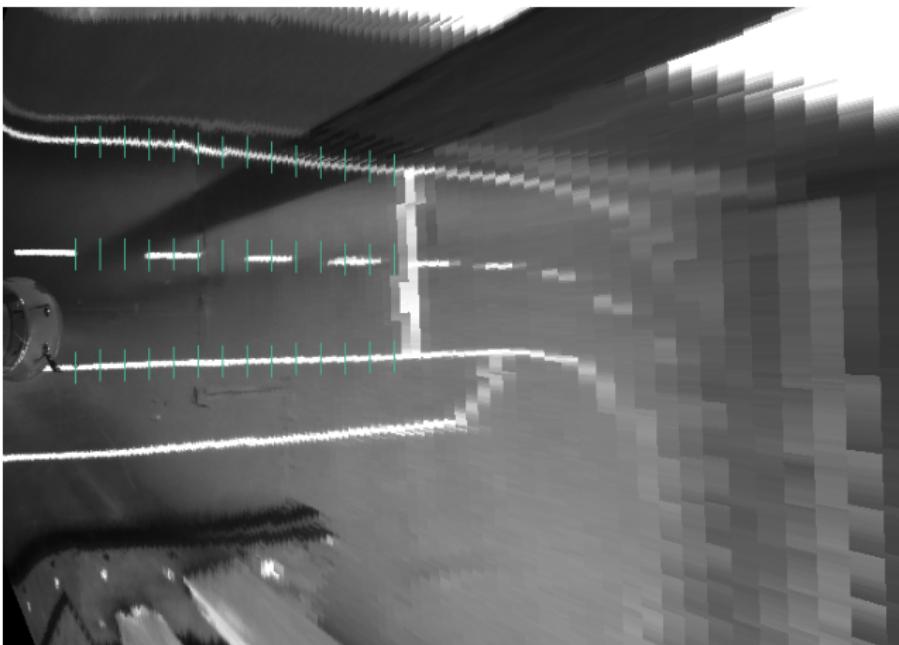
Polynomial lane recognition and identification system

Fahrspurpunkte finden, entzerrten und in Fahrzeugkoordinaten transformieren



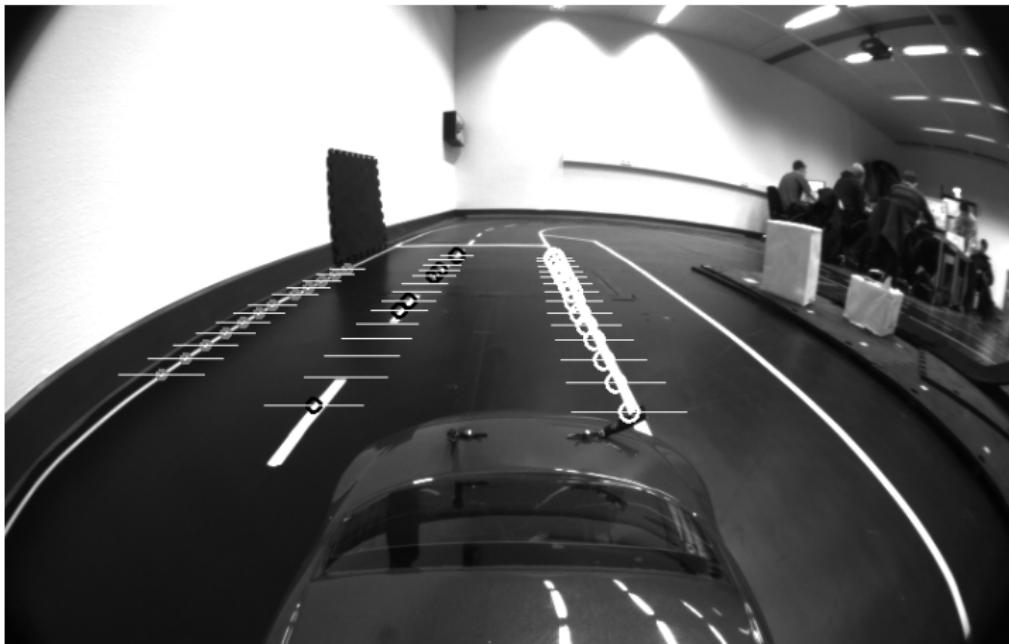
Polynomial lane recognition and identification system

Polynomapproximation (Polynom 2. Grades) durchführen



Polynomial lane recognition and identification system

Rücktransformation für nächste ROI Positionierung



Alternativen für Spurerkennung

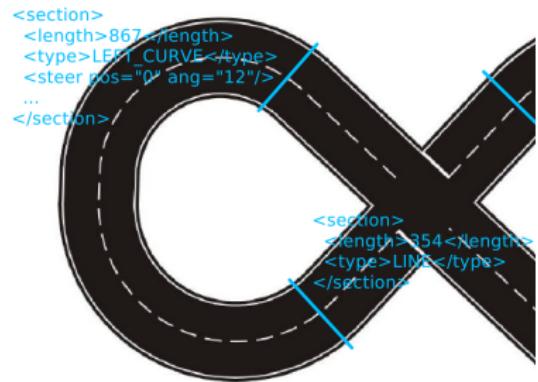
- ▶ Verwendung von Splines bzw. NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline)
 - ▶ Bessere Approximation des Fahrbahnverlaufes
- ▶ Hardware-basierte Spurerkennung mittels FPGA
 - ▶ Mittels Parallelisierung und Pipelines können auch aufwendige Bildverarbeitungsalgorithmen eingesetzt werden
- ▶ Laser Scanner
 - ▶ Durch sehr geringen Höhenunterschied zwischen Markierung und Fahrbahn aber schwierig

Unterstützung von Polaris durch Umgebungskartierung

Erstellung einer geometrischen Karte, allerdings:

- ▶ Karte einmal erstellt, danach keine Anpassung zur weiteren Laufzeit
 - ▶ Nur sehr eingeschränkte Nutzung möglich
- ▶ Fahrzeug für Lokalisierung
- ▶ Nicht genau in Lokalisierung

Alternativen: SLAM spez. RatSLAM



RatSLAM

ist 2003 an der University of Queensland (Australien) entwickelt worden:

- ▶ Biologisch motivierter SLAM Algorithmus
- ▶ Topologisch korrekte, 'semi-metrische' Karte
- ▶ Theoretisch nur Kamera benötigt
 - ▶ Benötigen zusätzlich Odometrie- und Rotationserfassung
- ▶ Vergleichsweise simple Mathematik zu Extended-Kalman-Filter, Partikelfilter, ...

Allerdings: Voraussetzungen sind noch nicht gegeben

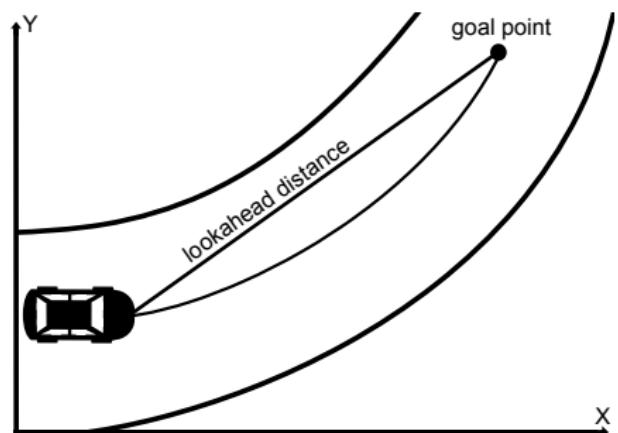
Spurführung

Mittels Pure Pursuit realisiert

- ▶ Menschlichem Verhalten nachempfunden
- ▶ Positionierung des Zielpunkts
- ▶ Berechnung der Kreiskrümmung: $\gamma = \frac{2y}{\text{lookahead_distance}^2}$

Problematik:

- ▶ Bestimmung des optimalen Goal Points



Gliederung

Fahrzeugkonzept

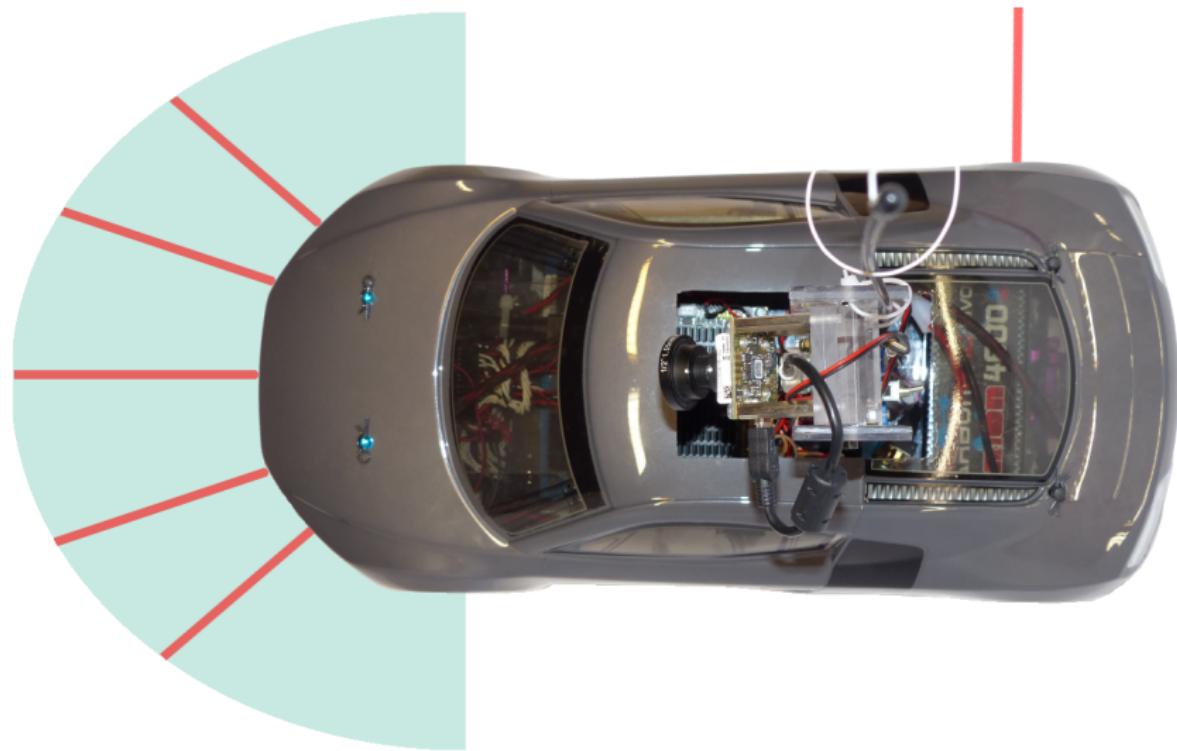
Software Architektur

Spurführung

Hindernis- und Kreuzungserkennung

Einparkkonzept

Sensorkonzept für Hindernis- und Kreuzungserkennung



Alternativen und Rückfallebenen

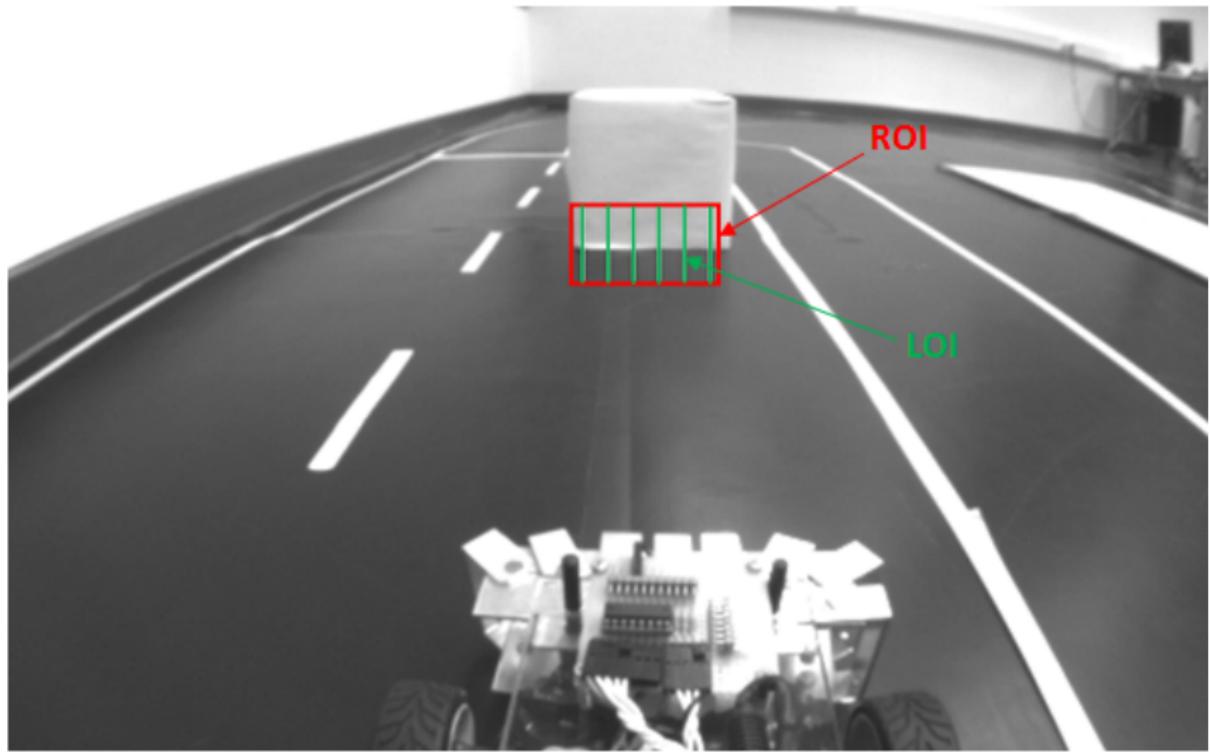
Alternative Sensoren:

- ▶ Ultraschall
- ▶ Radar
- ▶ Laser Scanner

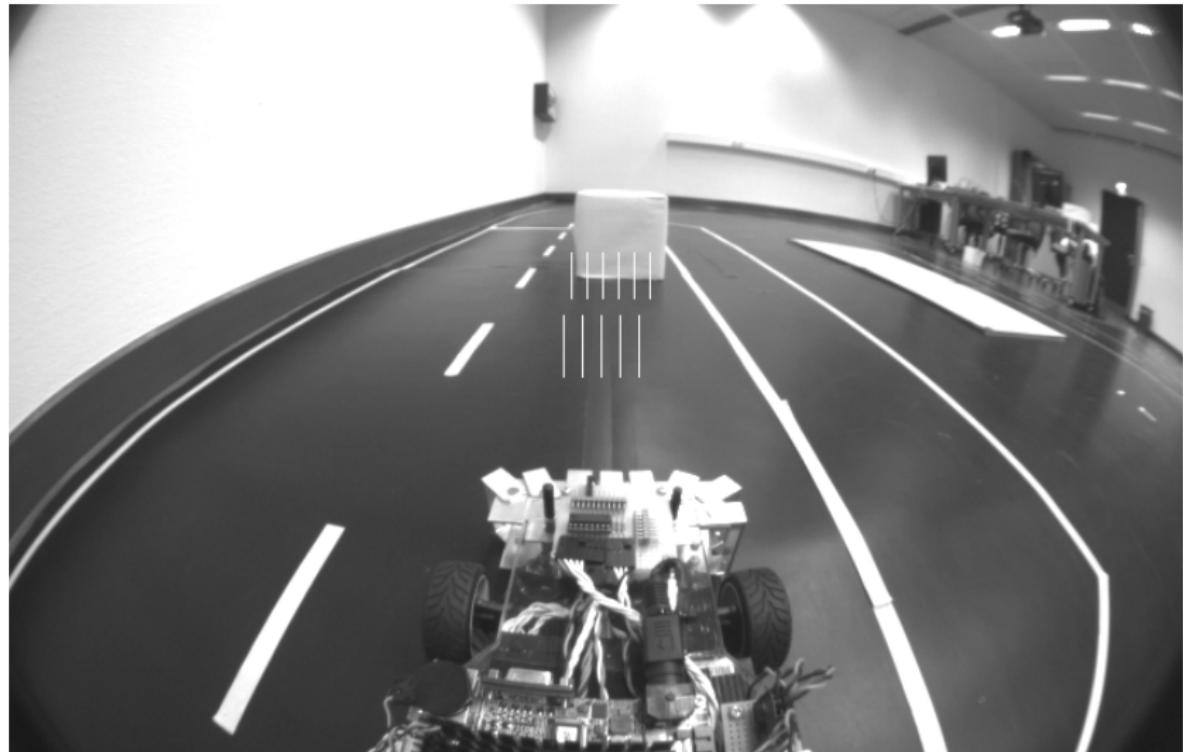
Mögliche Rückfallebenen:

- ▶ Bei Sensorik Probleme Herabstufung des prozentualen Anteils
- ▶ Bei Erkennungsproblemen Herabstufung des prozentualen Anteils
- ▶ Anbringung einer dritten Sensor-Art

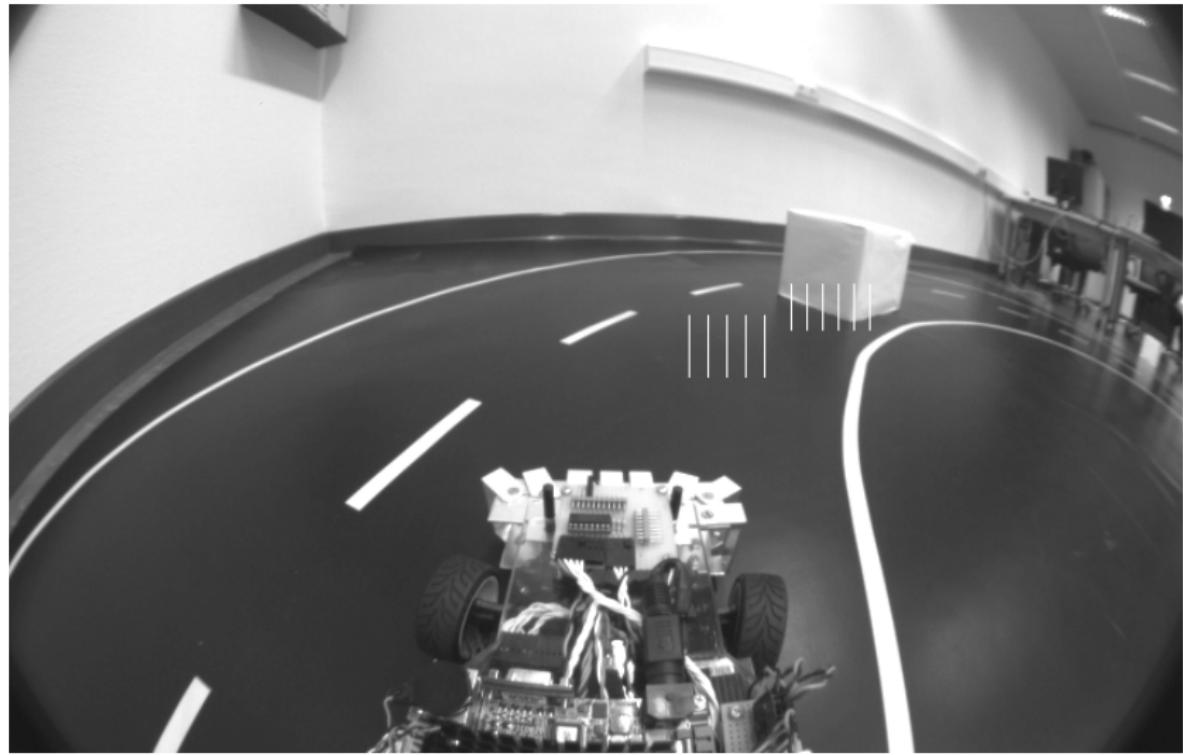
Hindernis- und Kreuzungserkennung



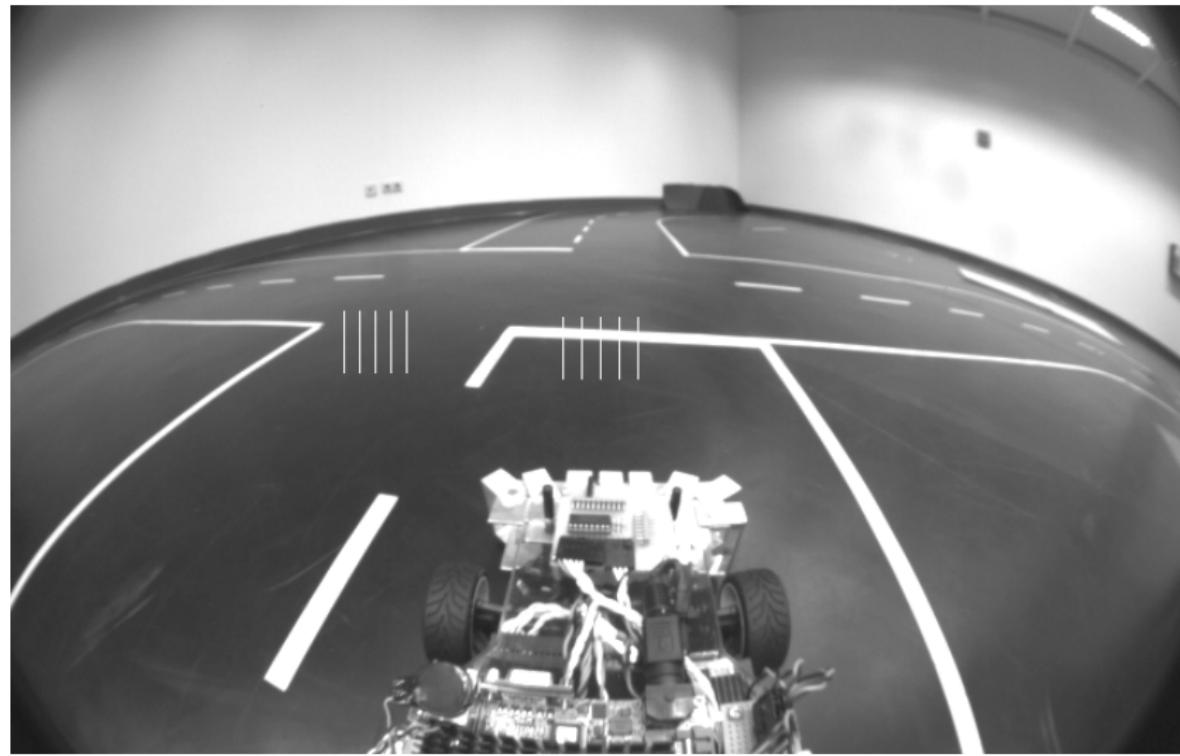
Hinderniserkennung auf gerader Fahrbahn



Hinderniserkennung in Kurven



Kreuzungserkennung



Gliederung

Fahrzeugkonzept

Software Architektur

Spurführung

Hindernis- und Kreuzungserkennung

Einparkkonzept

Konzept des Einparkvorgangs

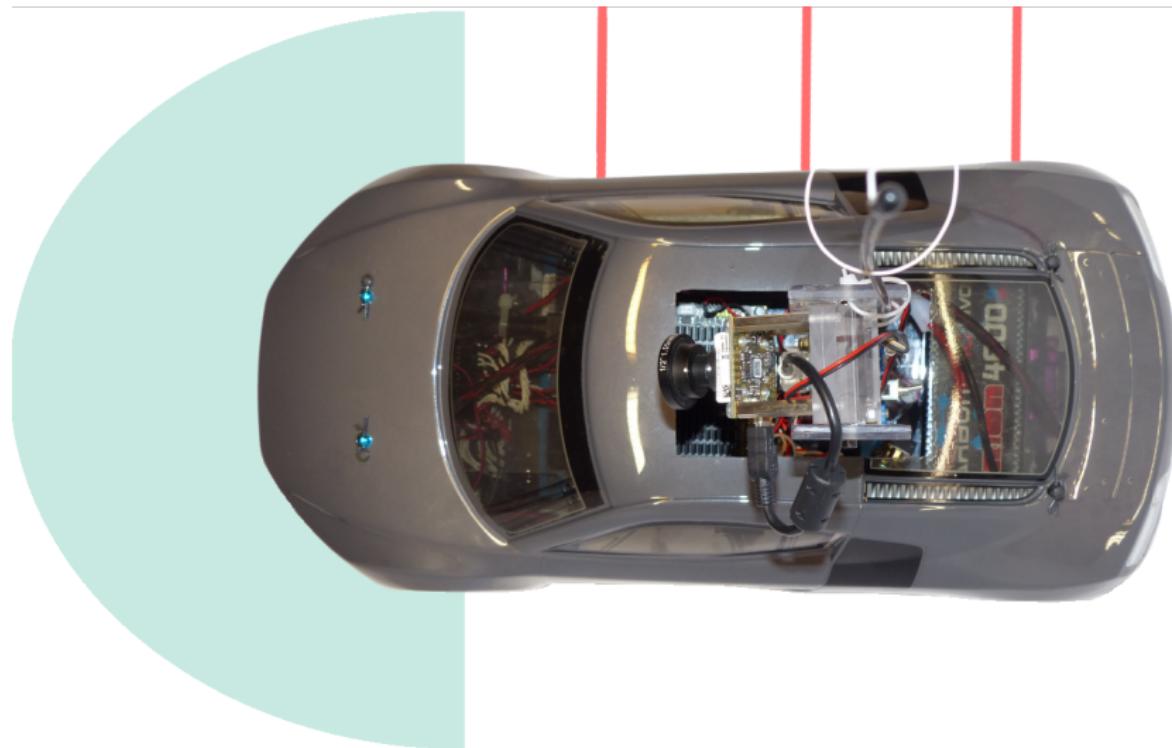
Kombination aus

- ▶ Menschlicher Sicht: Verschiedene Zustände beim Einparken
- ▶ Mathematischer Sicht: Ideale Parklücke und optimale Einlenkpunkte

Umgebungswahrnehmung durch

- ▶ Abstandssensoren (Ultraschall, Infrarot, ...)
- ▶ Distanzmessung (Inkrementalgeber, Kamera, ...)

Sensorkonzept



Alternativen und Rückfallebenen

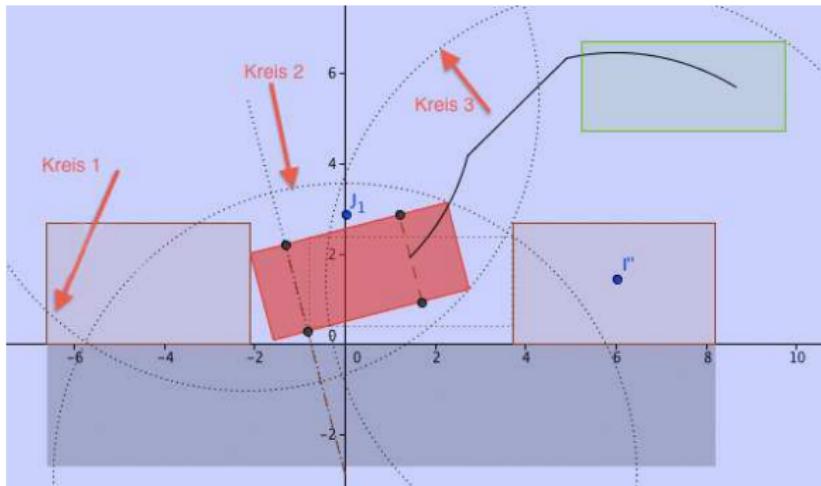
Alternative Sensoren:

- ▶ Ultraschall
- ▶ Laser Scanner

Mögliche Rückfallebenen:

- ▶ Bei Sensorik Probleme: Verwendung des anderen Sensors
- ▶ Bei Ausfall der Kamera: Keine
- ▶ Bei falscher Berechnung: Keine

Berechnungsgrundlage



Ablauf des Einparkvorgangs

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?

Literaturverzeichnis

- 1 Systemidentifikation eines autonomen Fahrzeugs mit einer robusten, kamerabasierten Fahrspurerkennung in Echtzeit, Eike Jenning, HAW Hamburg, 2008
- 2 Mapping a Suburb With a Single Camera Using a Biologically Inspired SLAM System, M. J. Milford and G. F. Wyeth, University of Queensland, 2008
- 3 Jerome A White, Parallel Parking, Versuch 3a/b metrisch,
<http://www.talljerome.com/NOLA/parallelparking/index.html>