

# Führungskonzept eines autonomen Fahrzeuges -Teil 2-



# Einleitung

---

- ▶ **Rückblick**
- ▶ **Motivation**
- ▶ **Bestandaufnahme**
  - ▶ Fahrzeugplattform
  - ▶ Fahrzeugregelung
  - ▶ Fahrzeugführung
- ▶ **Risiken & Ausblick**

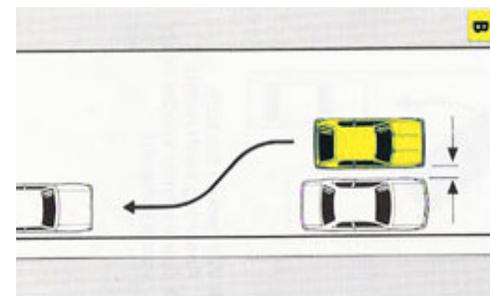
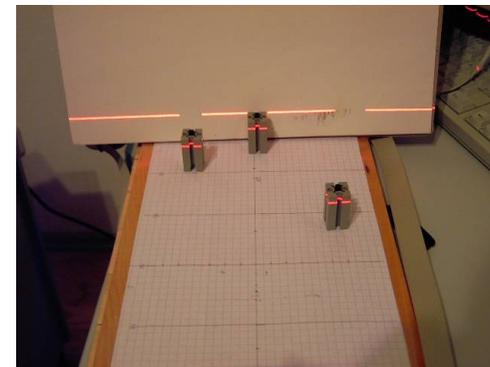
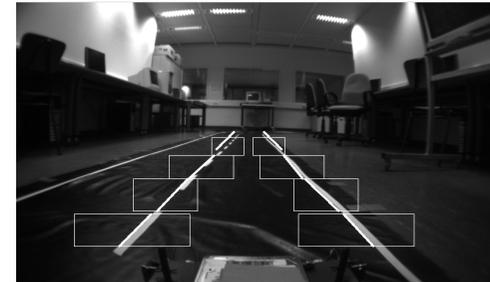
# Rückblick

Faust - CaroloCup 2008  
AW 1 - 2008



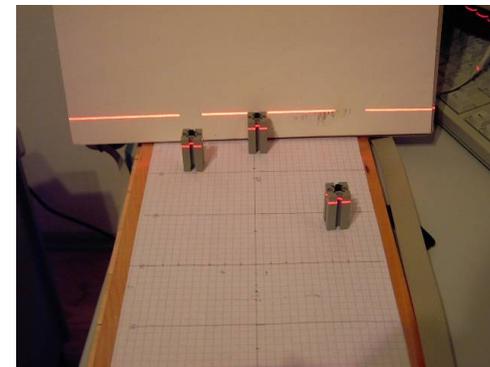
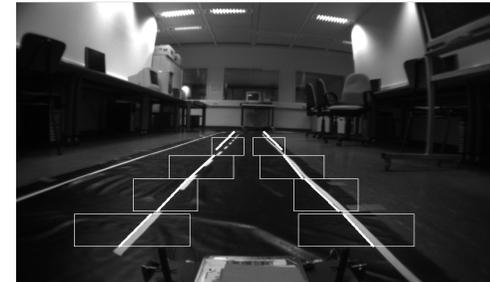
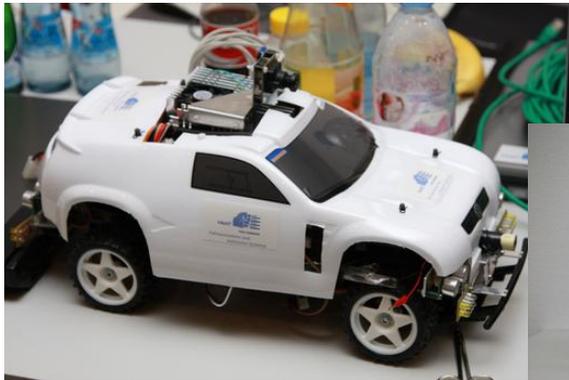
Autonomes Fahren, Ausweichen und Einparken

Teamstärke: 6 Studenten



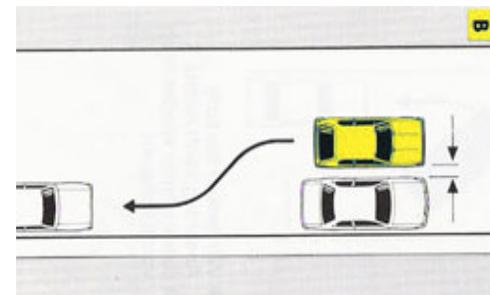
# Motivation

Faust - CaroloCup 2009



Autonomes Fahren, Ausweichen und Einparken,  
Erkennung und Befahren von Kreuzungen

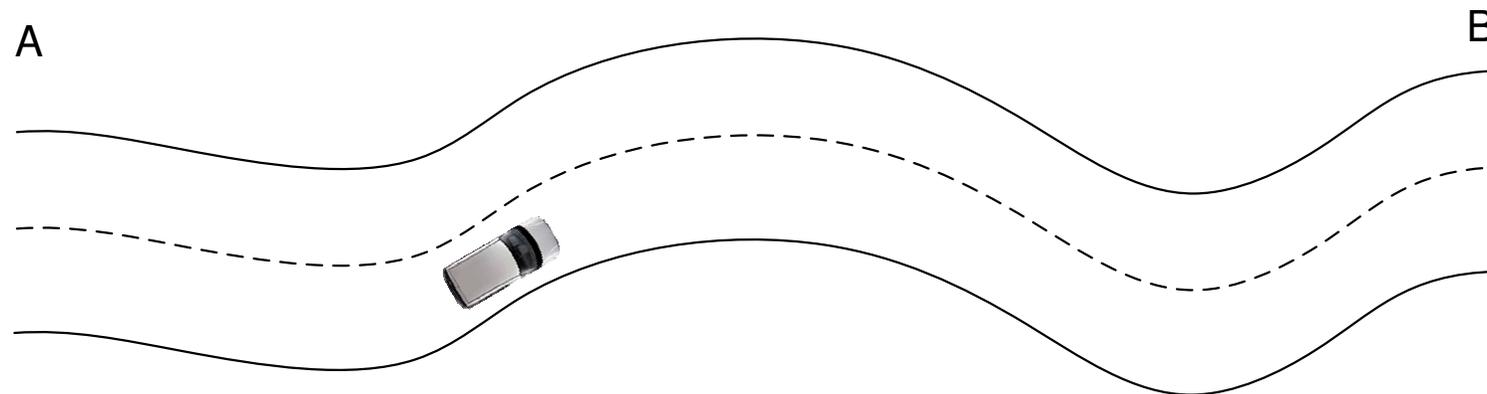
Zwei Teams: 15 Studenten



# Motivation

persönlich

„Schnell und sauber von Punkt A nach B“



Autonome Fahrt eines Fahrzeuges auf einer definierten Fahrbahn mit einer an die Gegebenheiten angepassten Geschwindigkeit und abgestimmten Lenkung.

# Rückblick

## AW1 - Ausblick & Vision 2008

Informatik an der HAW-Hamburg	Fahrerassistenz und autonome Systeme
<h3>Ausblick &amp; Vision</h3>	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Aufbau einer hochschuleigenen 1:10-Wettkampfplattform</li></ul>	bis Ende Sommer 2008
	
<ul style="list-style-type: none"><li>- Überarbeitung / Entwurf einer Fahrzeugregelung</li><li>- Entwurf einer Fahrzeugführung (Konzept)</li><li>- Umsetzung einer Fahrzeugführung</li></ul>	bis Winter 2008 „CaroloCup 2009“ Masterarbeit 2009

# Fahrzeugplattform

---

VW Touareg



## VW Touareg

### Team 2:

8 Bachelor-Studenten aus den Fachrichtungen:

- Informations- und Elektrotechnik
- Technische Informatik

### Technische Daten:

(Keine Änderungen zum Vorjahr)

#### *Sensoren:*

- 4 Ultraschallsensoren
- 2 Infrarotsensoren
- 2 Inkrementalgeber
- 1  $\mu$ Eye-Kamera

#### *weitere Komponenten:*

- Nano ITX mit Windows 2000
- $\mu$ Controller-Board mit OSEK

# Fahrzeugplattform

Ford F-350



## Ford F-350

### Team 1:

5 Master-Studenten der Informatik

Unterstützend für Hardwareaufbau und  $\mu$ Controller

2 Bachelorstudenten der Technischen Informatik

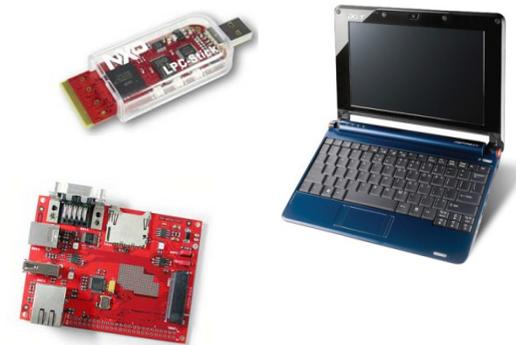
### Technische Daten:

#### *Sensoren:*

- 4 Ultraschallsensoren
- 4 Infrarotsensoren
- 2 Inkrementalgeber
- 1 Accelerometer
- 1 elektronischer Kompass
- 1  $\mu$ Eye-Kamera

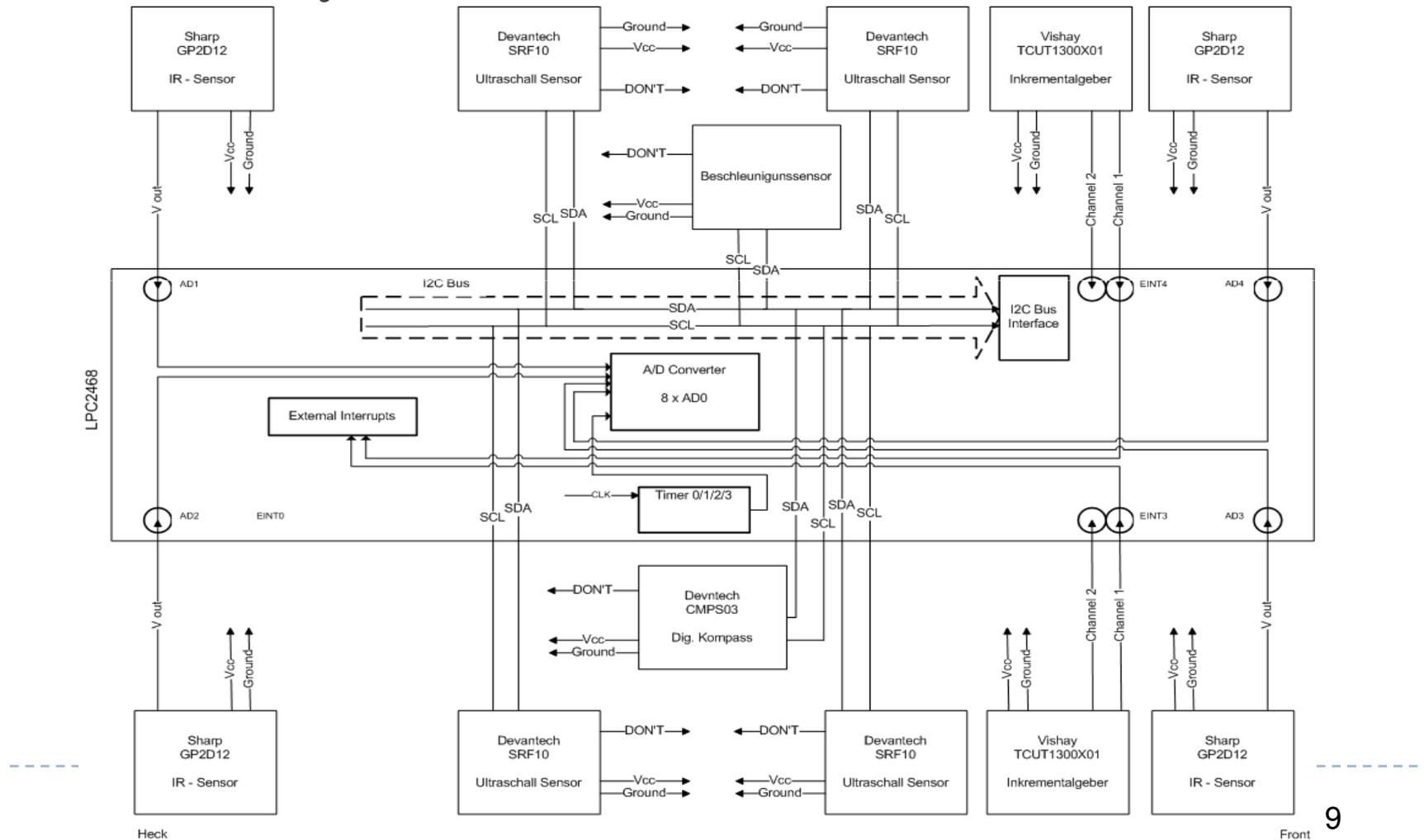
#### *weitere Komponenten:*

- 1 Asus AspireOne Linux
- 3 LPC-Sticks LPC2468 + Evolutionboard
- 1 „Mainboard“ (Eigenentwicklung HAW)



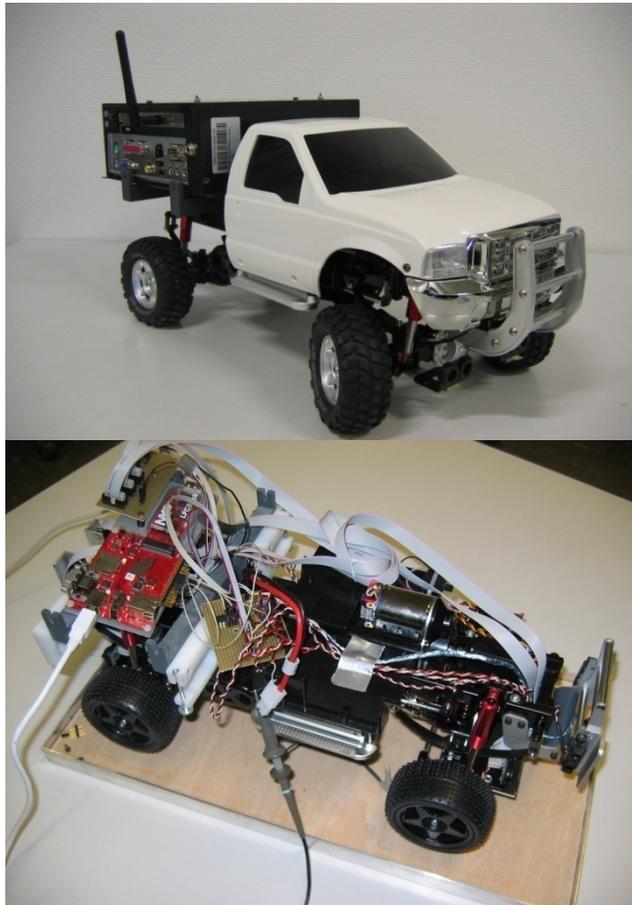
# Fahrzeugplattform

## Ford F-350 - Systemübersicht



# Fahrzeugplattform

## Ford F-350 - Neuerungen



- stabile Aufbau und präzise Mechanik
- 3-Gang-Getriebe
- bekannte Komponentenzusammenstellung, daher komplette Kontrolle über alle Komponenten und Signallaufzeiten (keine Blackbox)
- Erweiterung durch neue Sensorik und Kommunikationsprotokolle
- Systemkommunikation im 25ms Takt

### Zwischenfazit:

Zeitliche Planung weit überschritten, dafür eine durchdachte Fahrzeugplattform mit Potential für neue interessante Softwarekonzepte.

# Rückblick

## AW1 - Ausblick & Vision 2008

Informatik  
an der HAW-Hamburg

Fahrerassistenz und  
autonome Systeme

### Ausblick & Vision

---

- Aufbau einer hochschuleigenen 1:10-Wettkampfplattform



- Überarbeitung / Entwurf einer Fahrzeugregelung
- Entwurf einer Fahrzeugruhrung (Konzept)
- Umsetzung einer Fahrzeugführung

bis Ende Sommer 2008

bis Winter 2008

„CaroloCup 2009“

Masterarbeit 2009

28

# Fahrzeugregelung

## Fahrzeugmodell

### 1. Bestimmung der Fahrzeugparameter

- *Fahrzeugvermessung*
- *Analyse und Vermessung der Lenkung*
- *Bestimmung von Fahrzeug-Geschwindigkeiten*
- *Bestimmung der Bremswege aus unterschiedlichen Geschwindigkeiten*
- *„Getriebereibung“*

### 2. Sensoren und Signallaufzeiten

#### IR-Sensoren

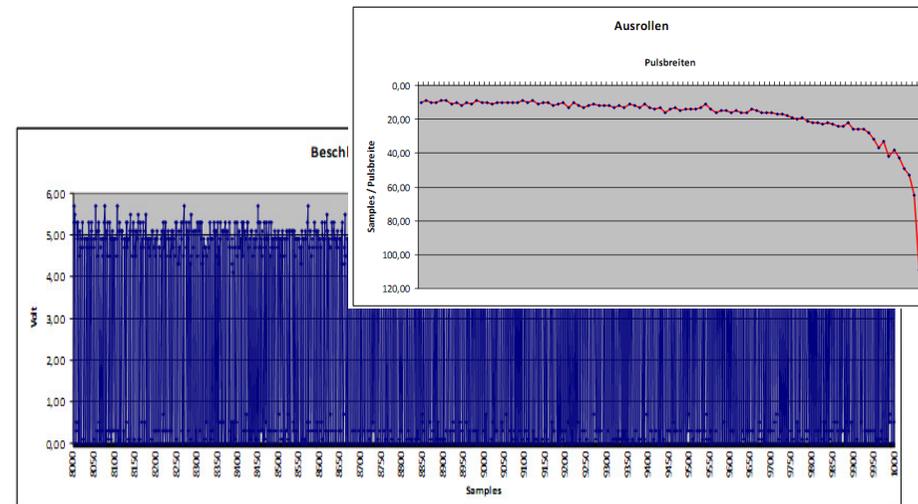
38-40ms

#### US-Sensoren

Schalllaufzeit z.B. 1m in 5ms/Richtung

#### Inkrementalgeber

120 Interrupts / Umdrehung,  
bei Vmax 3. Gang alle 0,64 ms ein Impuls)



# Fahrzeugregelung

---

## Fahrzeugmodell

### Annahmen:

- Fahrzeug bewegt sich auf ebenen Boden
- Gesamte Fahrzeugmasse wird im Fahrzeugschwerpunkt zusammengefasst
- keine Querbeschleunigung
- keine Nick- und Wankbewegung
- linkes und rechtes Rad pro Achse werden in der Fahrzeugmitte zusammengefasst (Einspurmodell)

# Fahrzeugregelung

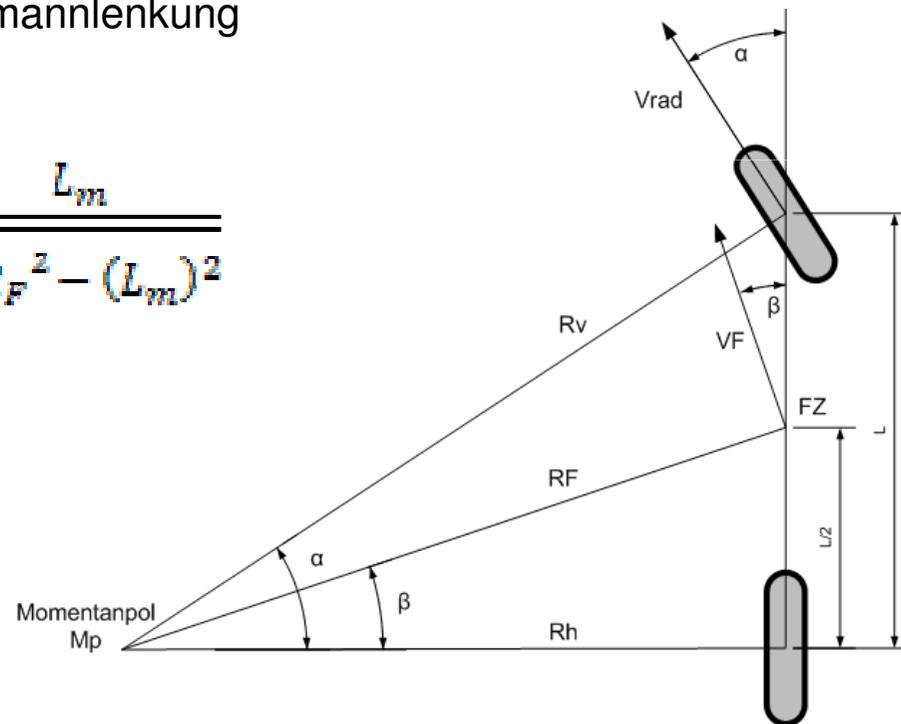
## Fahrzeugmodell

Kinematisches Fahrzeugmodell zur Beschreibung der Bewegungsabläufe

Grundlage: Achsschenkelenkung / Ackermannlenkung

$$R_F = \sqrt{\frac{L^2}{\tan^2 \alpha} + L_m^2} \quad \tan \beta = \frac{L_m}{\sqrt{R_F^2 - (L_m)^2}}$$

$$v_F = v_{rad} * \cos \left( \alpha - \tan \left( \frac{L_m}{\sqrt{\left( \frac{L^2}{\tan^2 \alpha} \right)}} \right) \right)$$



# Fahrzeugregelung

---

## Regelungsansatz

Das Konzept beinhaltet eine zweistufige Regelungsansatz

### **1. Regel: Geschwindigkeitsregelung**

- Erfassung der Sensordaten und Regelung der Geschwindigkeit auf dem ARM7
- Geschwindigkeitsvorgaben aus den Softwaremodulen von seitens des PCs

### **2. Regelung: Abstandsregelung**

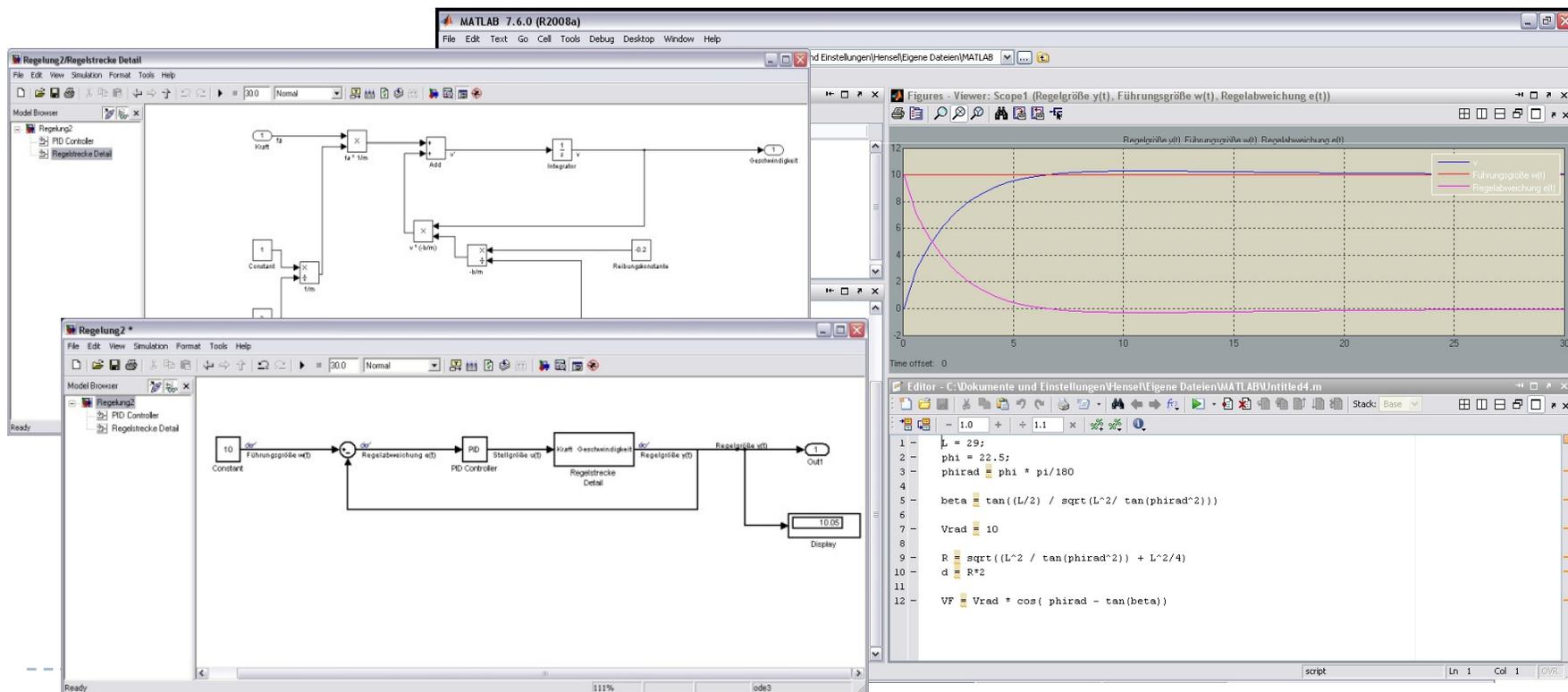
- Abstandsregelung findet auf dem PC anhand der vorliegenden Bild- und Fahrzeuginformationen statt

# Fahrzeugregelung

## Geschwindigkeitsregelung

### Simulation in Simulink

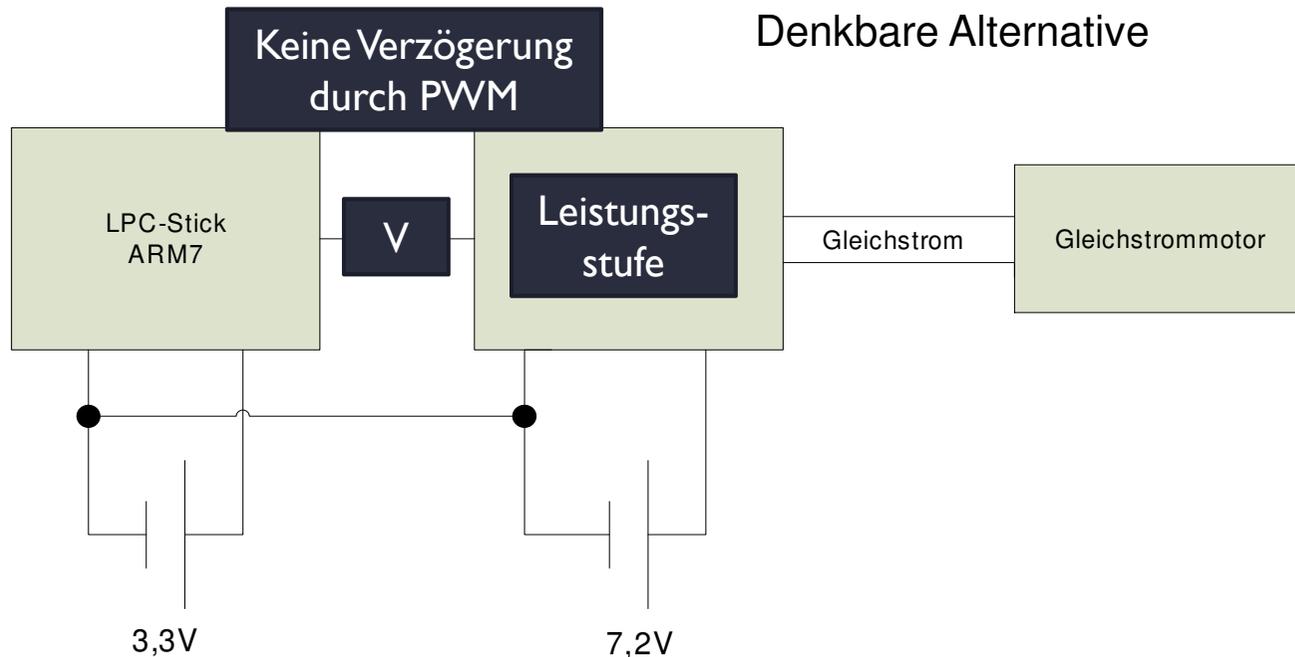
auf Basis eines stark vereinfachten Modells (newton'sche Bewegungsgleichungen)



# Fahrzeugregelung

## Geschwindigkeitsregelung

### technische Einschränkung



# Fahrzeugregelung

---

## Abstandsregelung

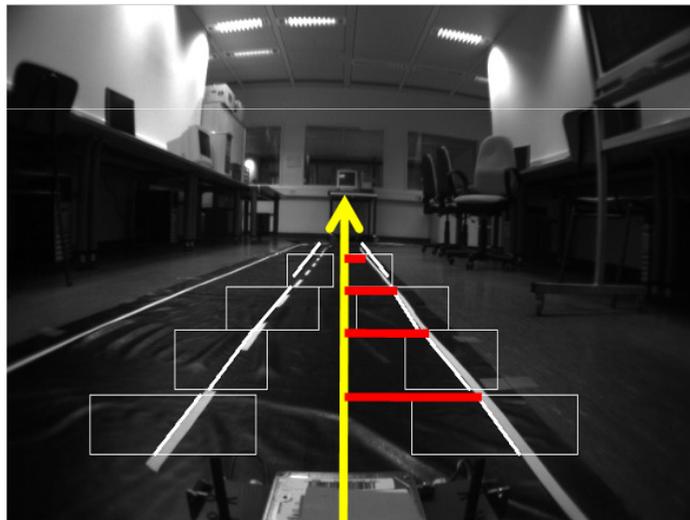
### Schwerpunkt für die kommenden Wochen

- Welche Fahrsituationen sind möglich und welche sind gültig?
- Wie muss das Fahrzeug in den jeweiligen Situationen reagieren?
- Was bedeutet das für die Abstandsregelung?

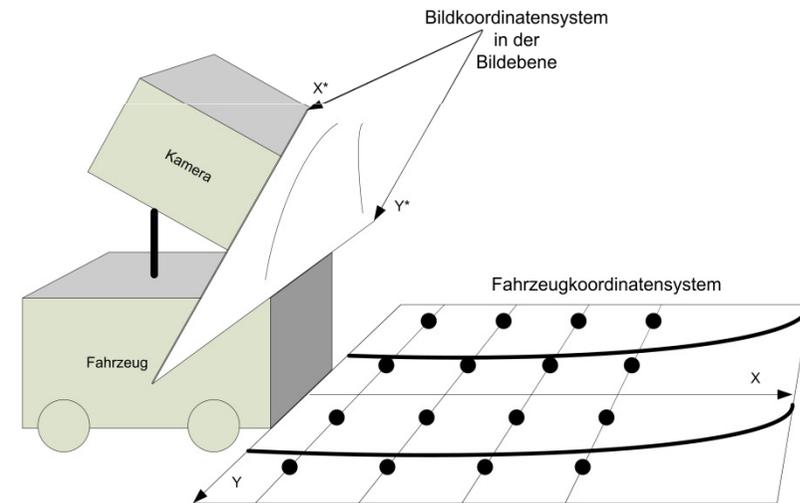
# Fahrzeugregelung

## Abstandsregelung

### Fahrspurerkennung als Grundlage für die Fahrzeugführung



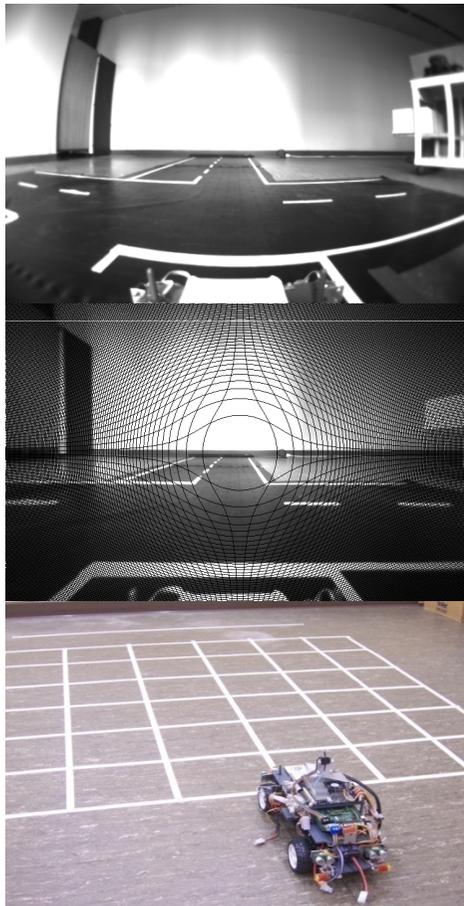
TFALDA



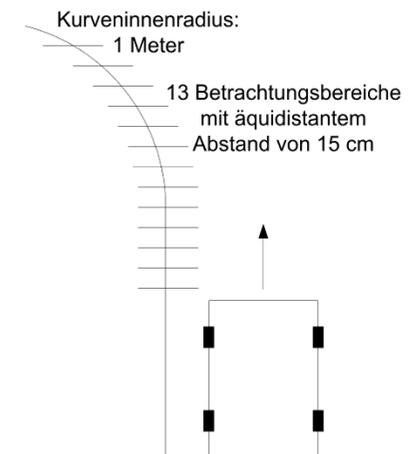
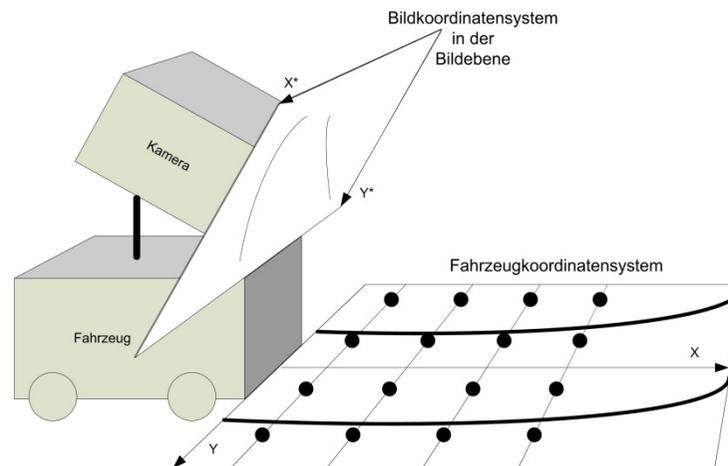
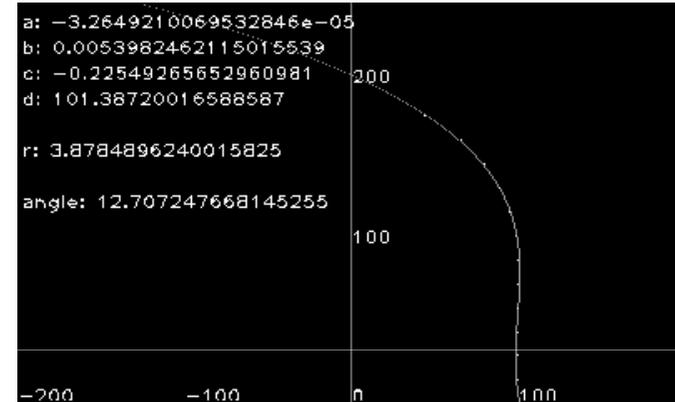
Polaris

# Fahrzeugregelung

## Abstandsregelung



## Polaris (Eike Jennings)



# Fahrzeugregelung

---

## Abstandsregelung

### Bedeutung von Polaris für die Fahrzeugführung:

Ich erhalte wichtige Informationen über:

#### 1. **Fahrbahnverlauf**

- Kurvenradien / Krümmung, Entfernungen im Fahrzeugkoordinatensystem

#### 2. **Fahrzeuglage**

- Position des Fahrzeuges auf der Fahrbahn

#### 3. **Fahrzeugorientierung**

- Drehung der Fahrzeuglängsachse zur Fahrbahn
-

# Rückblick

## AW1 - Ausblick & Vision 2008

Informatik  
an der HAW-Hamburg

Fahrerassistenz und  
autonome Systeme

### Ausblick & Vision

---

- Aufbau einer hochschuleigenen 1:10-Wettkampfplattform bis Ende Sommer 2008



- Überarbeitung / Entwurf einer Fahrzeugregelung bis Winter 2008
- Entwurf einer Fahrzeugführung (Konzept) „CaroloCup 2009“
- Umsetzung einer Fahrzeugführung Masterarbeit 2009

28

# Fahrzeugführung

## Vorhaben

### Finden / Festlegen von Fahrkorridore

Definieren von gültigen Fahrbereichen anhand von Kartenmaterial, Polaris und dem Fahrzeugmodell

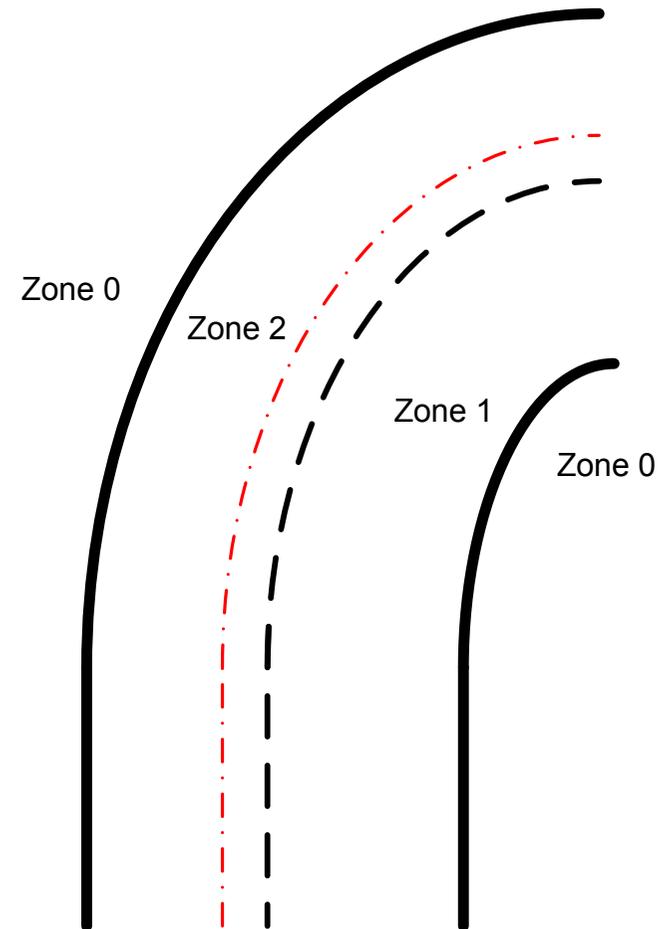
### Trajektorienplanung

Planen von Bewegungen innerhalb der festgelegten Korridore vom aktuellen Standpunkt zum Zielpunkt.

Eine Idee: Verwendung von Splines

### Abstandsregelung

Folgen des berechneten Weges



# Risiken

---

## 1. Abhängigkeit von der Fahrzeugplattform

- *Änderungen im Fahrzeugaufbau*
- *Genauigkeit der Sensordaten*

## 2. Abhängigkeit von Polaris & Mapping

- *Stabilität von Polaris im Nahbereich*
- *Genauigkeit und Informationsgehalt der Karten*

# Ausblick

---

## CaroloCup 2009 & AW2

- *Abstandsregelung für das Fahren entlang der Fahrspur*
- *Ausarbeitung und Implementierung der Abstandsregelung*
- *Konzept für die Führung des Fahrzeuges*
  
- *(Autonomes Einparken)*

## Masterarbeit

- *Fahrzeugführung – Konzeptverfeinerung, Implementation und Test*
- *Fahrsituationsabhängige Geschwindigkeitsanpassung (Tempomat-Gedanke)*



Danke für eure Aufmerksamkeit!

Fragen?

---

# Literatur

---

1. Masterarbeit: Automatischer Ausweichassistent mit einer Laserscanner-basierten Abstandsregelung für ein fahrerloses Transportsystem – Denis Schetler (HAW Hamburg 2007)
2. Kraftfahrzeugführung – Ulrich Kramer, Hanser 2008
3. Computerunterstützung für Regelungsaufgaben – Alexander Weinmann
4. Regelungstechnik 1, Systemtheoretische Grundlagen Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen – Lunze, Springer WienNewYork 1999
5. Regelungsstrategien für die automatische Fahrzeugführung – Längs und Querregelung; Spurwechsel- und Überholmanöver – R. Mayr 2001

# Literatur

---

6. Masterarbeit: Systemidentifikation eines autonomen Fahrzeugs mit einer robusten, kamerabasierten Fahrspurerkennung in Echtzeit – Eike Jenning (HAW Hamburg 2008)
7. Empirische Verfahren zur Reglereinstellung – Prof. Dr. Ing habil. Lothar Litz (Uni Kaiserslautern)