

Führungskonzept eines autonomen Fahrzeuges

Enrico Hensel
Masterstudiengang Informatik
AW1 2008

Einleitung

- ▶ Motivation
 - ▶ Fahrzeugführung
 - ▶ Bestandsaufnahme zu den Fahrzeugprojekten
 - ▶ Herausforderungen in der Fahrzeugführung
 - ▶ Reglerentwurf & alternative Ansätze
 - ▶ Ausblick auf die Projektphase
-

Motivation

Fahrzeugführung ist doch einfach!

Motivation

Man schaut ...
wo bin ich, wo will ich hin

Man überlegt...
wie komme ich am Besten zu meinem Ziel

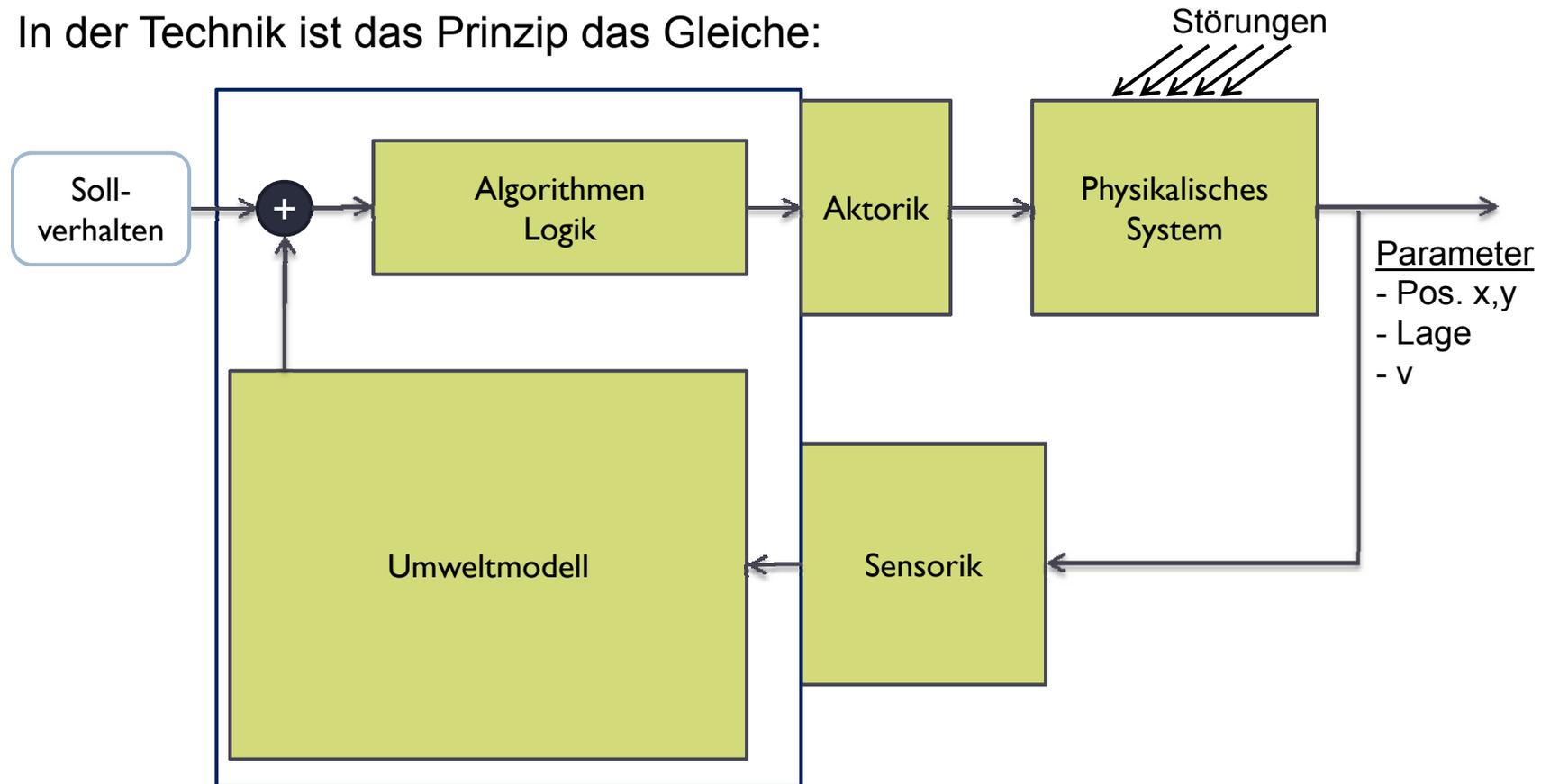
Man bewegt sich...
auf das Ziel hin und achte auf sein Umfeld



Der Mensch handelt auf dieser Weise bewusst, teils intuitiv.

Motivation

In der Technik ist das Prinzip das Gleiche:



Motivation

Unterschiede und Herausforderung liegen in:

1. Der Wahrnehmung der Umgebung

menschliches Sinne vs. Kamera / Ultraschall / Laser

2. Der Art der Aus- und Bewertung des „Gesehenen“

Erfahrungen / nutzen von Erlerntem vs. Mathematik und Logik

3. Dem Handeln

nicht immer ist der errechnete Weg der Beste

Motivation

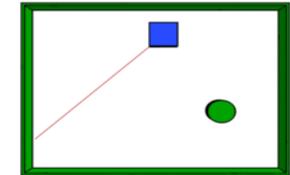
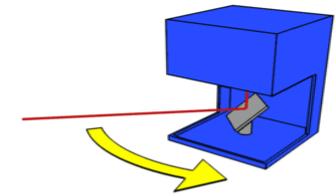
Fahrzeugführung, versuchen wir es!

Fahrzeugführung

Teilaspekt Sensorik

Orientierung:

- Kamera und unterstützende optische Systeme
- Ultraschall
- Laserscanner
- Inkrementalgeber
- HALL-Sensoren
- IR-Sensoren
- Radar
- Lidar



Sensoreinsatz abhängig von Fahrzeugtyp und -größe, sowie Einsatzgebiet.

Fahrzeugführung

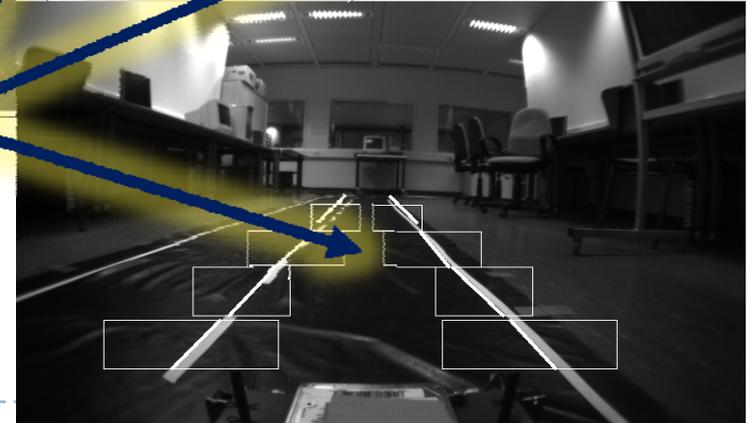
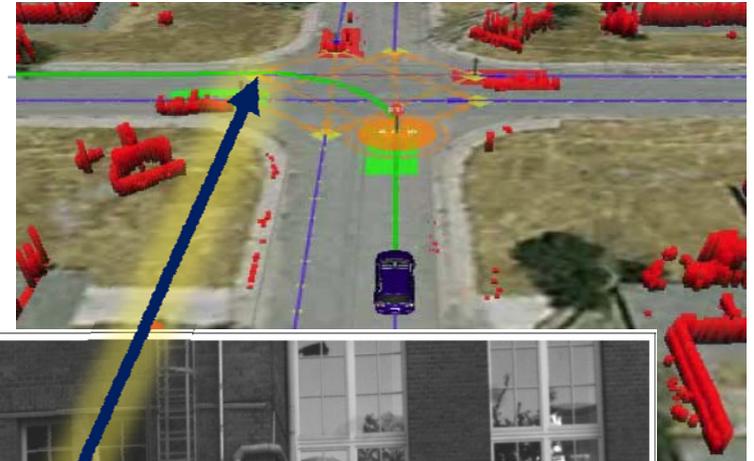
Teilaspekt Navigation

Existierende Ansätze:

- Mapping
- Markenbasierte Navigation
- Fahrbahn- / Fahrspurerkennung

Na gut ... aber wie komm *ich* dort hin?

- Der Weg ist das Ziel -

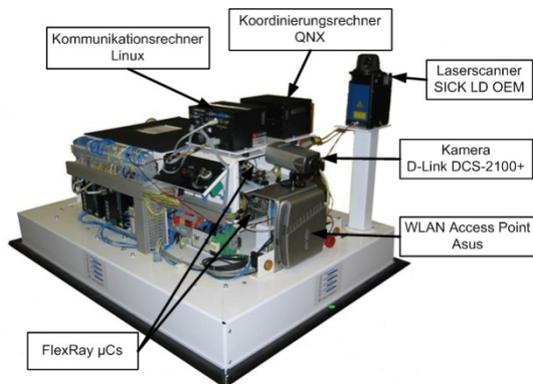


Fahrzeugführung

Einordnung in FAUST

Testplattform SCV

- Echtzeit-Bussysteme
- Laserscanner, Kamera
- Fahrerassistenz
 - Bremsassistent
 - Ausweichassistent



intelliTruck

- Benzinmotor
- miniATX
- hochwertige Kamera
- Antischlupfregelung
- Gyroskop, Beschleunigung



CaroloCup (TU Braunschweig)

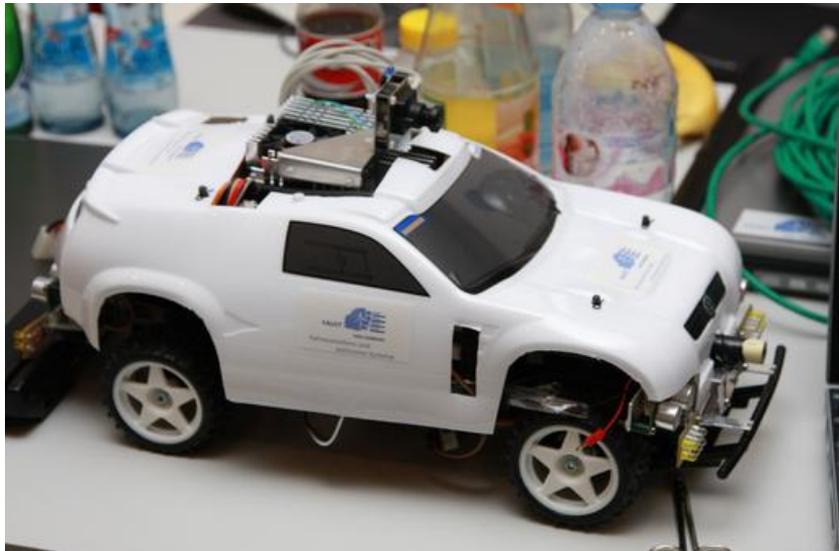
- Elektrofahrzeug
- Webcam
- Infrarotsensoren
- Ultraschallsensoren
- PC 104



Fahrzeugführung

Plattform - Carolo

CaroloCup 2008 Wettbewerbsfahrzeug



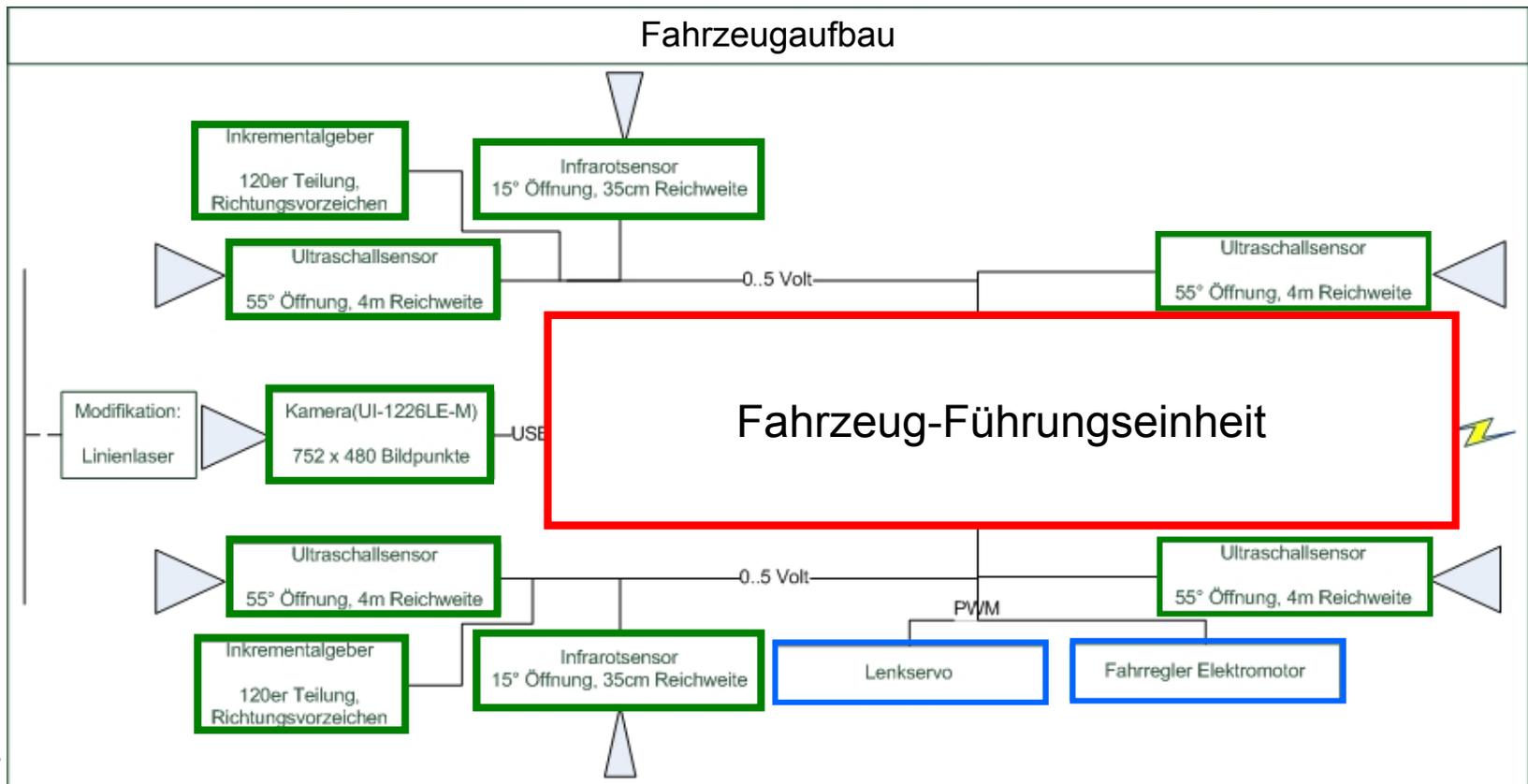
Fahrerassistenz und
autonome Systeme

* Leihgabe der TU Braunschweig

Fahrzeugführung

Plattform - Carolo

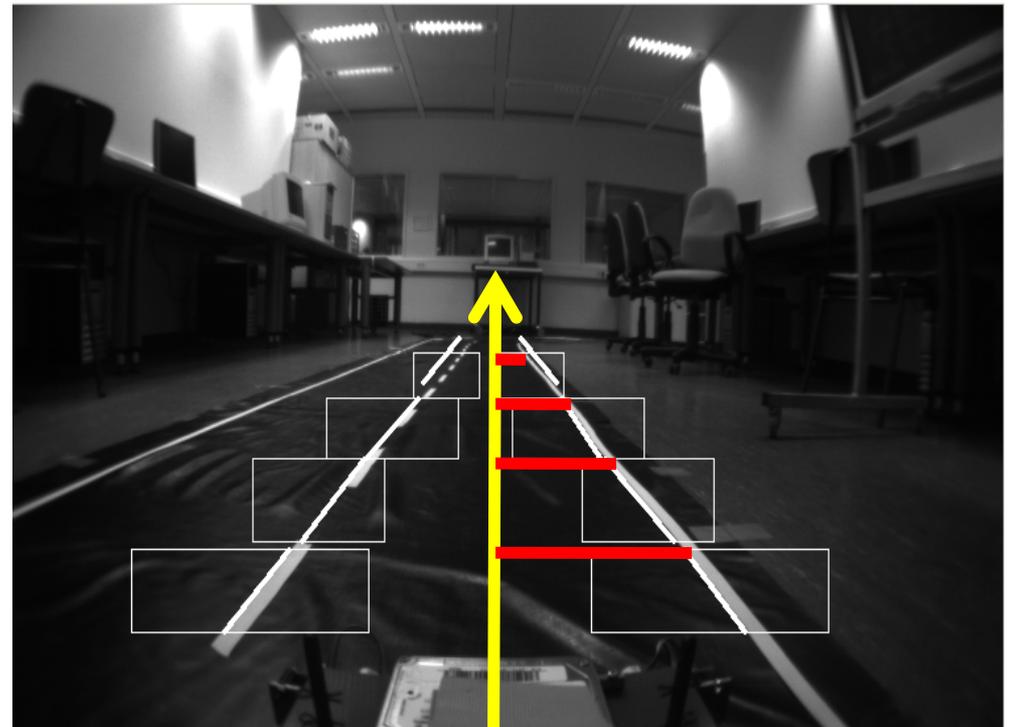
Systemübersicht:



Bestandsaufnahme

„einfache“ Fahrzeugregelung

- Orientierung an rechter Linie
(*experimentell an zwei*)
- feste Geschwindigkeiten je
nach Güte der Blickweite
- adaptive Lenkwinkelverstärkung
je Geschwindigkeit
- Regelung orientiert an
Messwerte im 50ms-Takt



Bestandsaufnahme

„einfache“ Fahrzeugregelung

1. Was passiert, wenn plötzlich keine Spur mehr vorhanden ist?

Mit Blick auf das neue CaroloCup-Regelwerk 2009.

2. Was passiert, wenn die Fahrbahn verlassen wurde?

Auffinden der Fahrspur nach dem Verlassen der Fahrbahn.

3. Findet die Orientierung anhand der richtigen Spur statt?

Orientierung auf der Fahrbahn und Filterung von Hindernissen.

**Diese Situationen finden derzeit keine Beachtung. Konsequenz ist
Orientierungs- und Kontrollverlust.**

Bestandsaufnahme

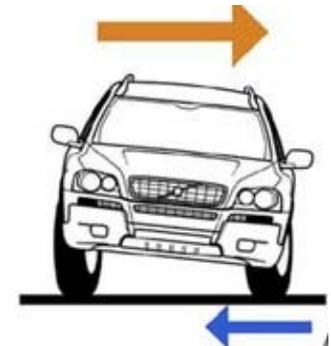
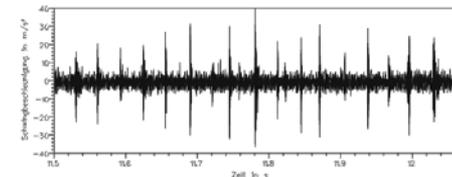
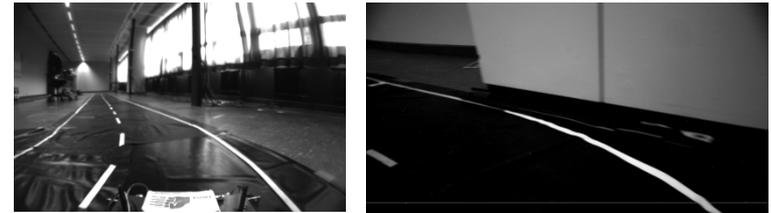
aktuelle Baustellen im Projekt

- **TFALDA und Erweiterung durch Lane-Inferencesystem**
(Dennis Berger (Dipl.))
- **Ausweichen mittels Bézierkurven**
(Jonathan Wandiredja (BA))
- **Lokale und globale Karten**
(Andrej Rull (BA), Michael Ebert (BA), Ilona Blanck (MA))
- **Fahrzeugregelung**
(Hannes Reimers (BA))
- **Systemidentifikation und kamerabasierte Fahrspurerkennung in Echtzeit**
(Eike Jenning (MA))

Bestandsaufnahme

Herausforderung bei der Fahrzeugführung

- komplexe Situationen durch die Fahrzeugumgebung und der Fahrbahnverläufe
 - Fehlende Orientierungspunkte
 - ungünstige Fahrzeugposition
 - Reflektionen und Schatten
 - Andere Fahrzeuge und Hindernisse
 - Ebene Fahrbahn vs. Anhebungen
- Störungen in den Sensordaten
 - Temporärer Informationsverlust
 - Fehlerhafte Sensordaten
- Fahrphysik und Plattform
 - Trägheit der Masse
 - Fahrzeugbewegung (Nicken, Rollen)
 - Fahrzeugaufbau (Fahrwerk, Lenkung)



Bestandsaufnahme

Meine Ziele

Autonome Fahrzeugführung!

Orientierung primär am Verlauf der Fahrbahn.

Berücksichtigung der Fahrzeugposition und –Lage.

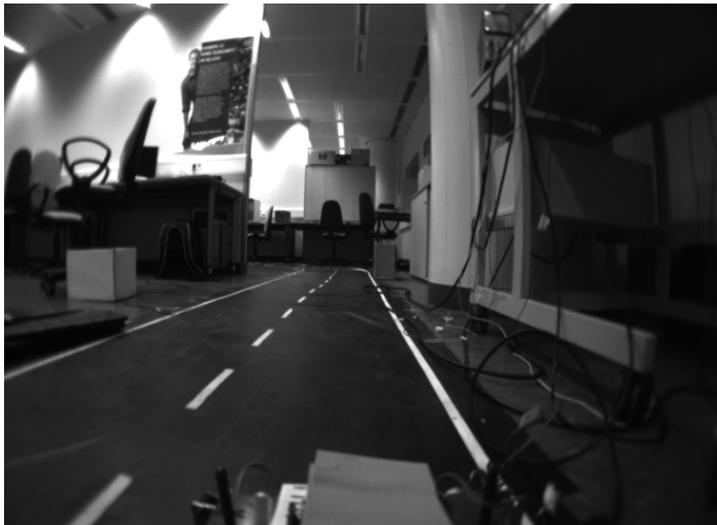
Dynamische Anpassung der Geschwindigkeit und der Lenkung

Fahrzeugführung, aber wie?

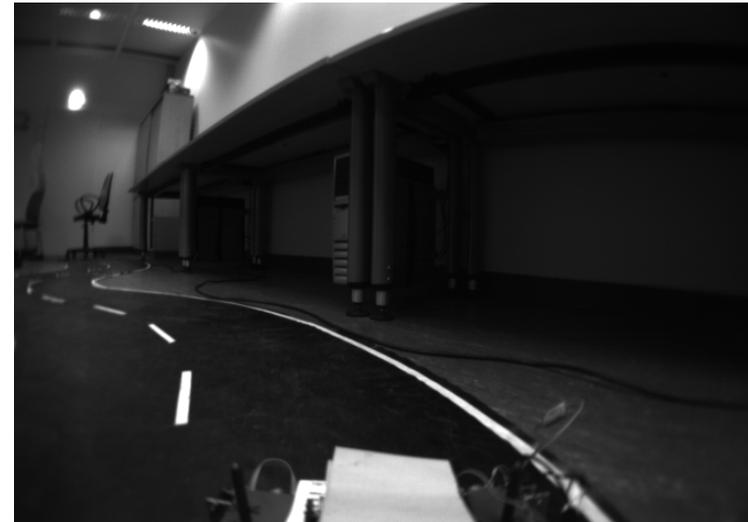
Alternativer Ansatz I

Korrelationskoeffizient

Fahrbahnverlauf als Indikator für die Geschwindigkeit



$KK \approx 1$



$KK < 1$

Desto größer der KK , desto höher die mögliche, zu fahrende Geschwindigkeit.

Alternativer Ansatz I

Korrelationskoeffizient

$$KK = \frac{\text{Kovarianz}_{xy}}{\text{Standardabweichung}_x * \text{Standardabweichung}_y}$$

```

72 // Engine::getInstance().setVelocity(0); //32
73
74 // korr.koeff bestimmen der rechten Fahrbahn
75 static double korrvorg=1;
76 static int tfaldaPrev3 = 0;
77 static int tfaldaPrev1 = 0;
78 double korr = 0;
79 double sxy = 0;
80 double sx=0;
81 double sy=61.81;
82 double ex=0;
83 double ey=355;
84 double dy[6] = {100.0,25.0,20.0,-35.0,-35.0,-75.0};
85 int i=0;
86 for ( i = 0; i<6; i++) ex += laneData.hData[i].right.x;
87 ex /= 6;
88 for ( i = 0; i<6; i++) sxy += (laneData.hData[i].right.x - ex)*dy[i];
89 sxy /= 5;
90 for ( i = 0; i<6; i++) sx += laneData.hData[i].right.x * laneData.hData[i].right.x ;
91 sx -= 6*ex*ex;
92 sx /= 5;
93 sx = sqrt(sx);
94 korr = sxy/(sx*sy);

```

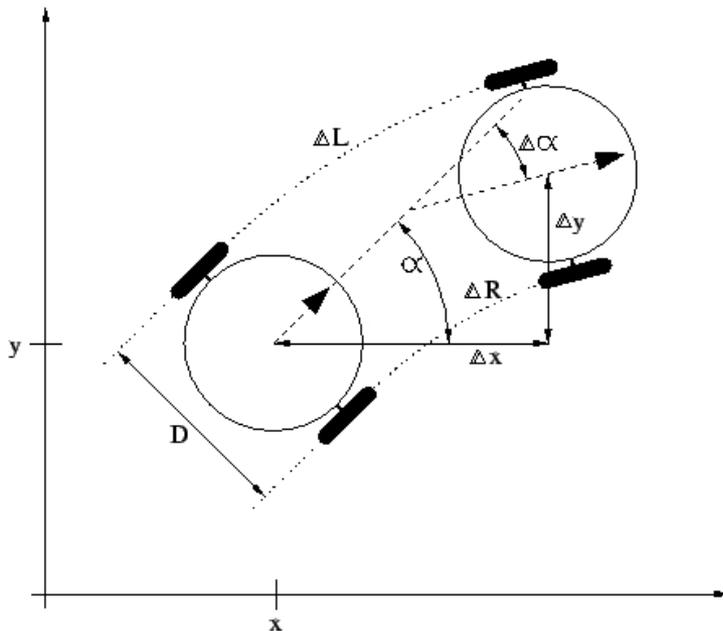
$$= \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) - n * \bar{x}^2} * \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 \right) - n * \bar{y}^2}}$$

Alternativer Ansatz II

Odometrie

Ansatz:

Positionsbestimmung für zurückgelegte Wegstrecken und Winkeländerungen realisiert durch Inkrementalgeber.



Drehwinkel

$$\Delta \alpha_{\text{rad}} = \frac{\Delta R - \Delta L}{D}$$

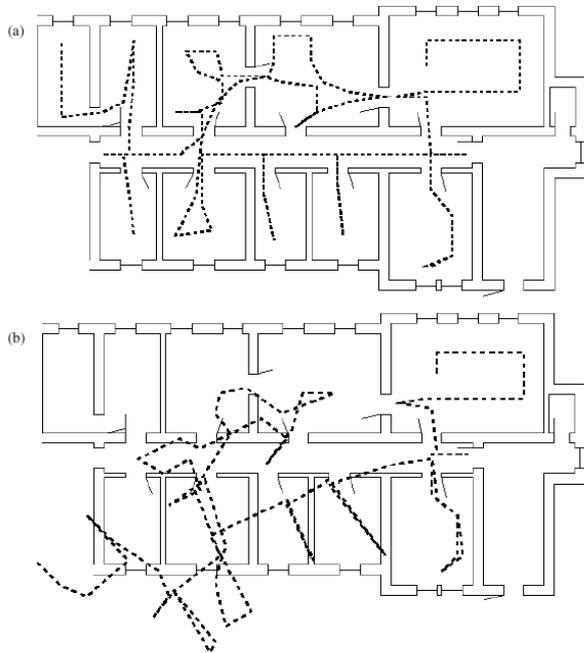
Wegstrecke

$$\Delta s_{\text{rad}} = \frac{\Delta L + \Delta R}{2}$$

Weiterführend lassen sich Positions-
veränderungen berechnen.

Alternativer Ansatz II

Odometrie



*Oben der gefahrene, unten der
gemessene Weg eines Pioneer-
Roboters der Uni Freiburg*

Vorteile:

- praktisch immer einsetzbar
- relativ genau auf kurzen Strecken

Nachteile:

- Räder können rutschen (Schlupf)
- anfällig gegen Bodenunebenheiten
- Fehler addieren sich

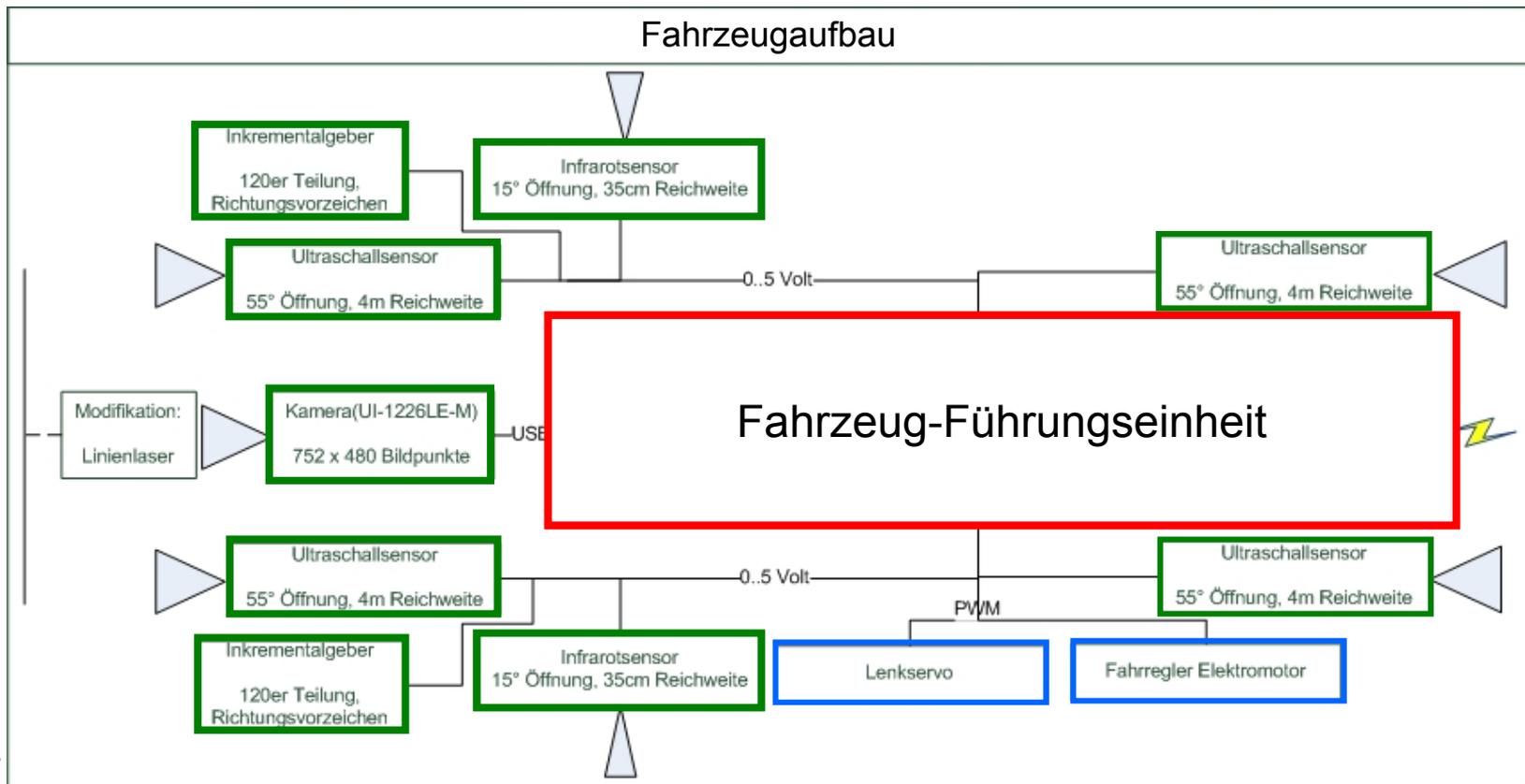
Fehlerreduktion durch:

- geringe Geschwindigkeit und Beschleunigung

Lösungsansatz

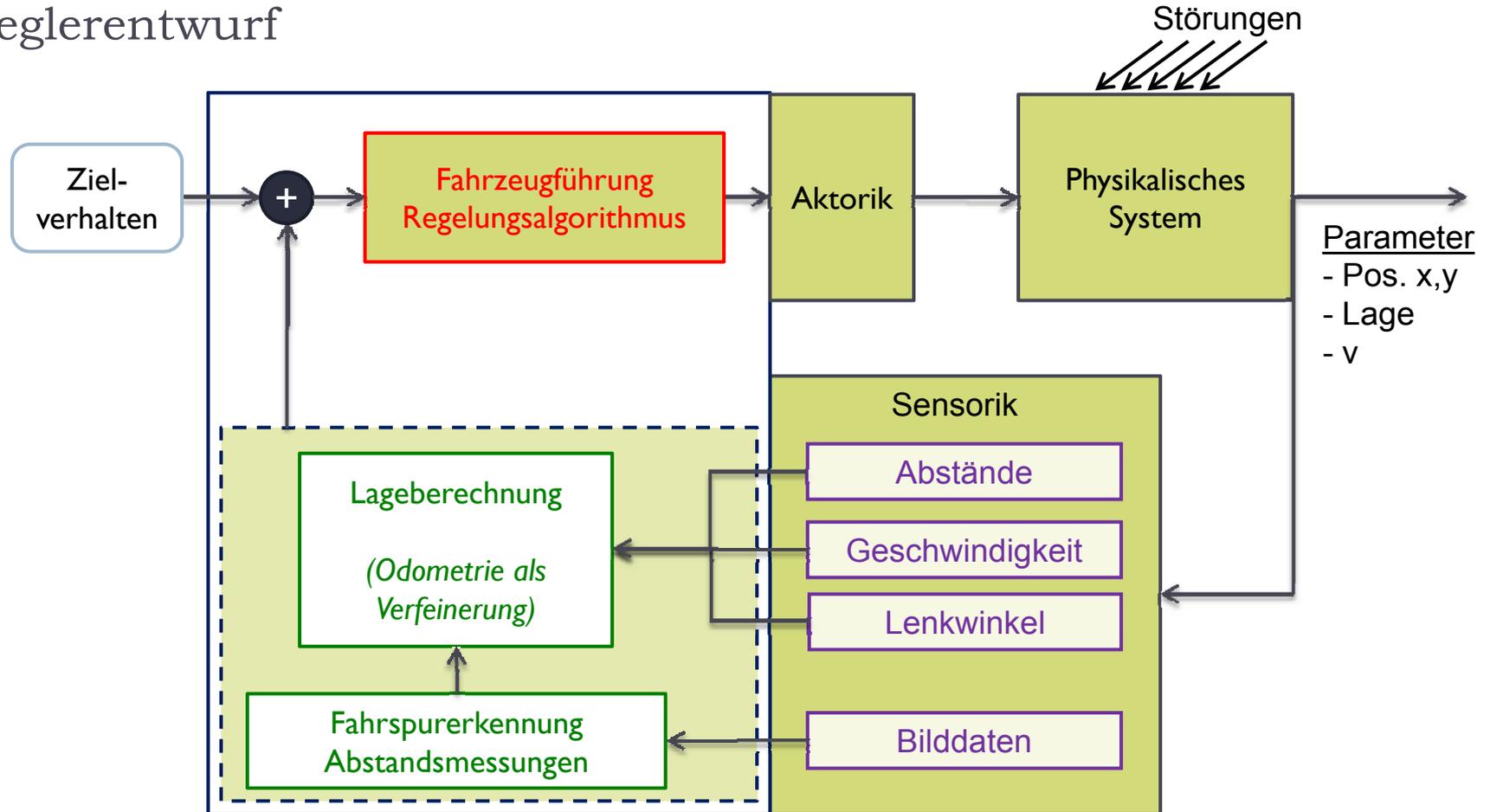
zur Erinnerung

Schematischer Systemaufbau:



Lösungsansatz

Reglerentwurf



Lösungsansatz

Mehr Informationen

Derzeitige Regelung anhand:

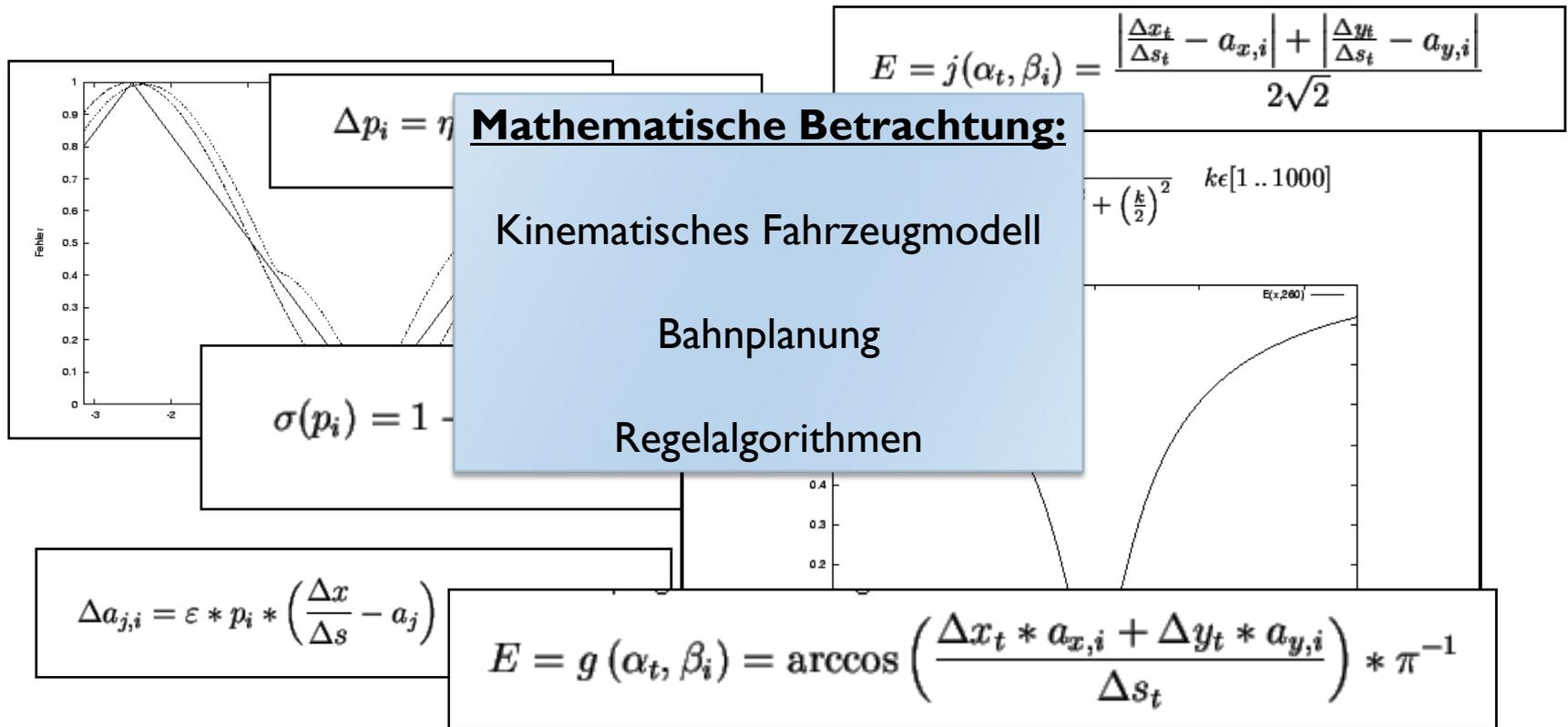
Abstände
Geschwindigkeit

Zukünftig zusätzlich an mehr Informationen:

Fahrzeuglage
Fahrzeugposition
Zeitliche Verläufe – Drift
Vorhersagen
Korrektheit & Aussagekraft von Daten

Lösungsansatz

Mathematik zur Fahrzeugmodellierung und für
Regelalgorithmen



Ausblick & Vision

- Aufbau einer hochschuleigenen
1:10-Wettkampfplattform



bis Ende Sommer 2008

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

bis Winter 2008

„CaroloCup 2009“

Masterarbeit 2009



Danke für eure Aufmerksamkeit! Fragen?

Literatur

- TFALDA (Dennis Berger: Studienarbeit 2008) [PDF](#)
 - <http://www.informatik.uni-leipzig.de> Odometrie - *Thomas Pantzer / 2000*
 - Automatischer Ausweichassistent mit einer Laserscanner-basierten Abstandsregelung für ein fahrerloses Transportsystem (Denis Schetler – Masterarbeit HAW Hamburg 2007)
 - Grundkurs der Regelungstechnik – L.Merz / H.Jaschek
 - AAET Carolo Team der TU Braunschweig – Navigation
 - Grundlagen der Regelungstechnik – Walter Schumacher TU Braunschweig
 - Regelungsstrategien für die automatische Fahrzeugführung (R. Mayr)
-