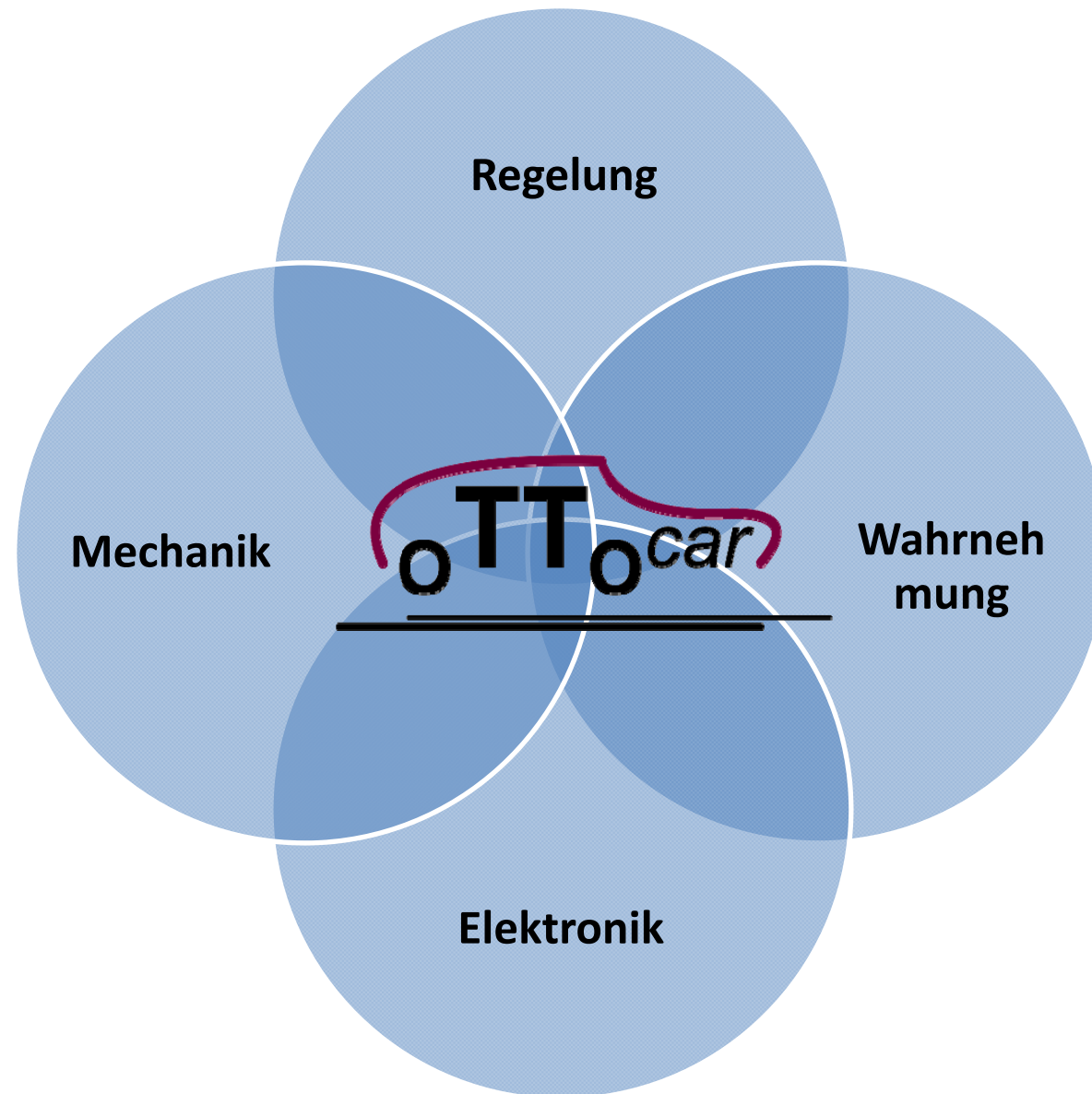


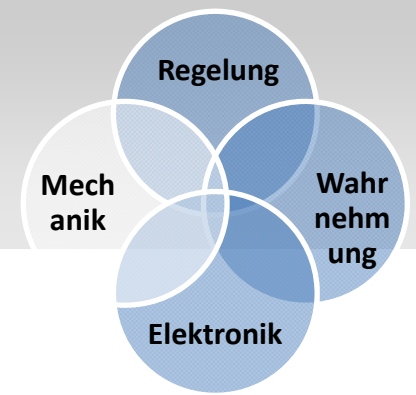
CaroloCup 2015 - OttoCar

Einleitung

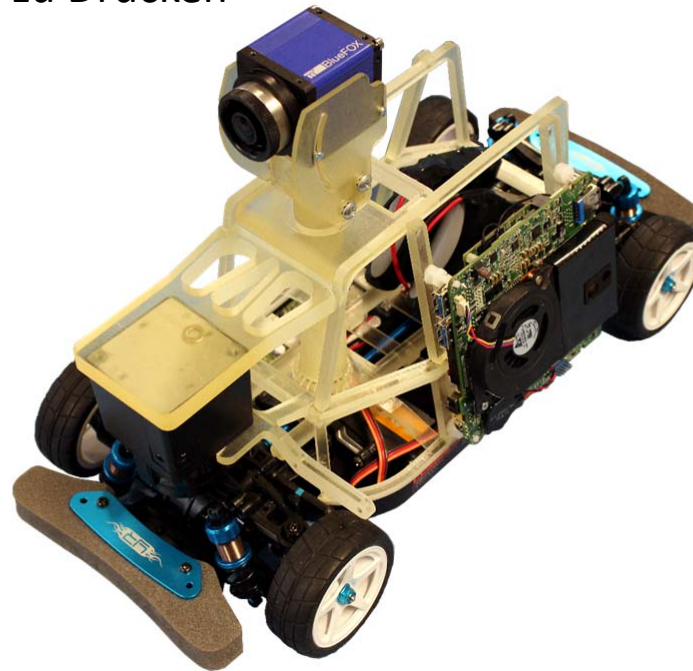


Hardware-Architektur

– Entwicklung des Rahmens

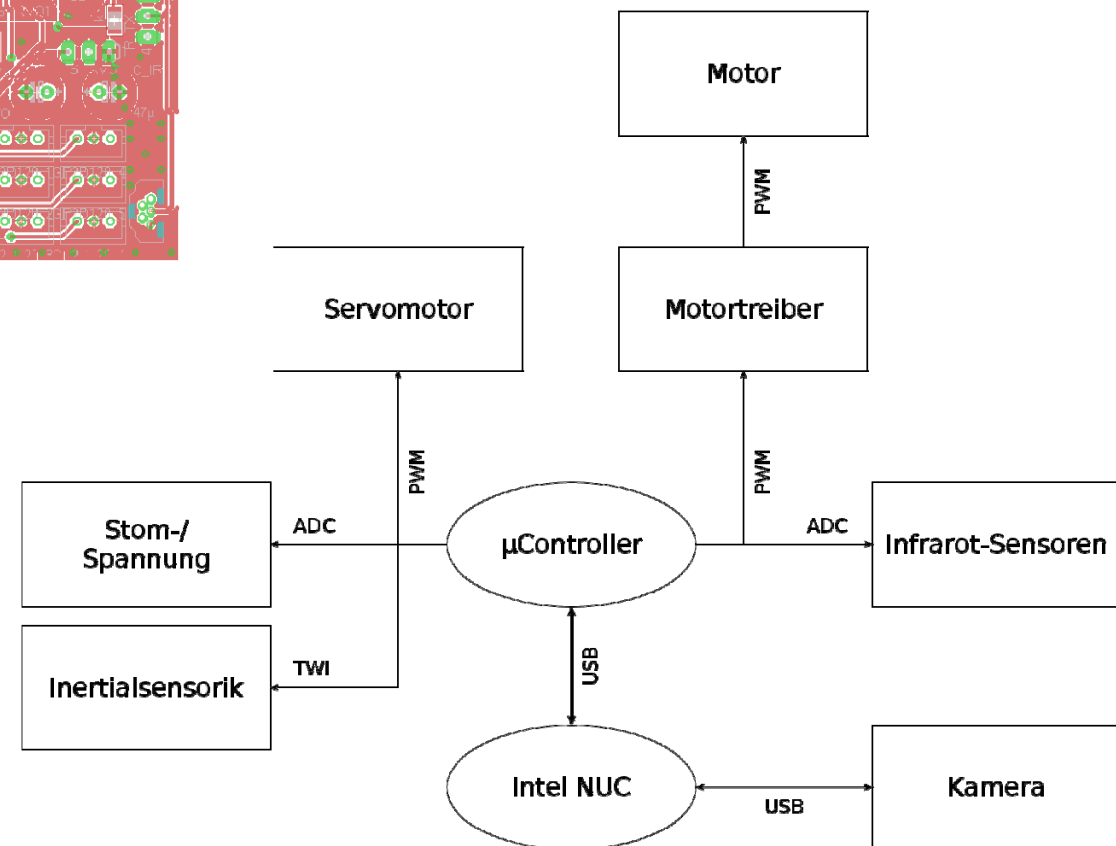
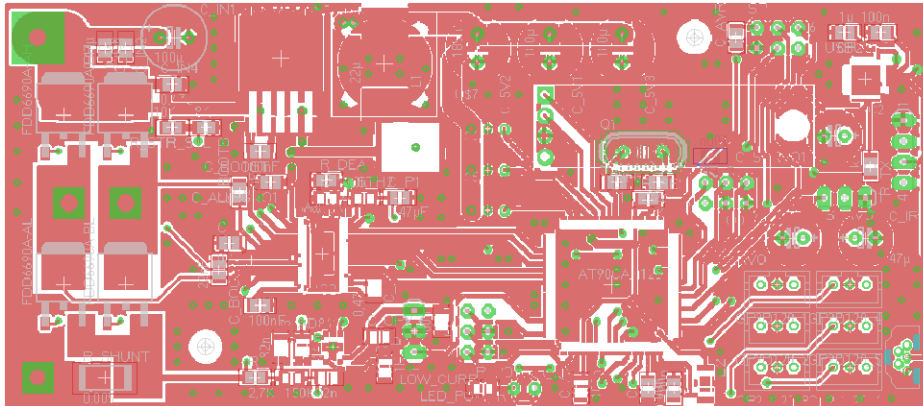
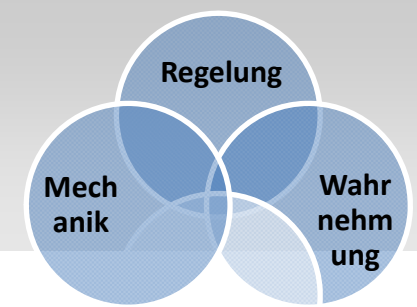


- Komplette Vorentwicklung im CAD
- Ausarbeitung von Lastfällen (Kollisionen, Schwingung)
- Rahmenskelett mittel 3D Druck hergestellt
- Poly Jet Modeling Verfahren zu Drucken
 - Hohe Genauigkeit
 - Rel. Schneller Druck



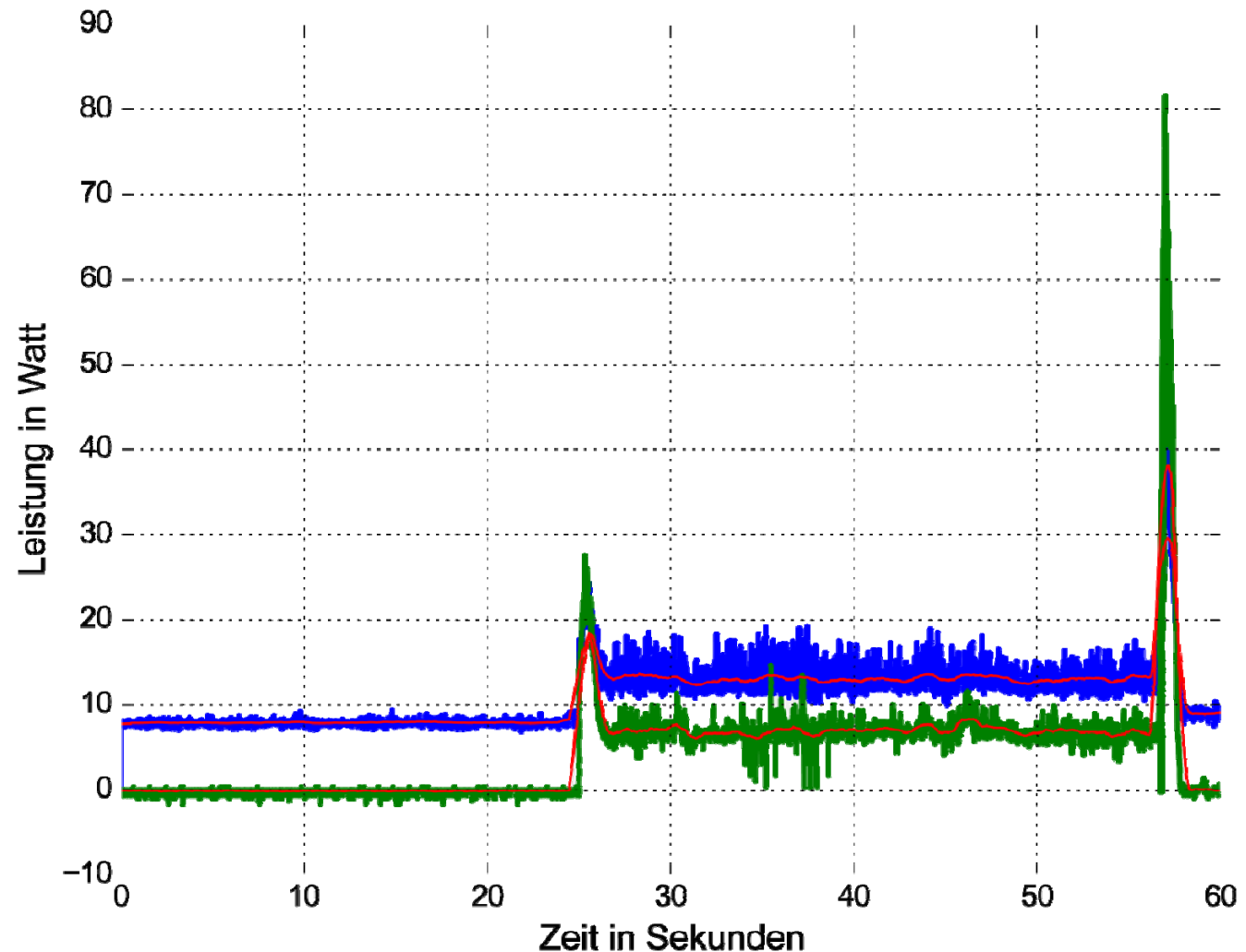
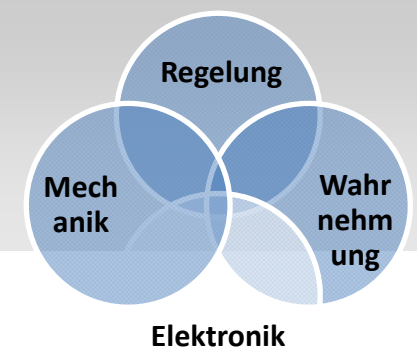
Hardware-Architektur

– Entwicklung der Elektronik

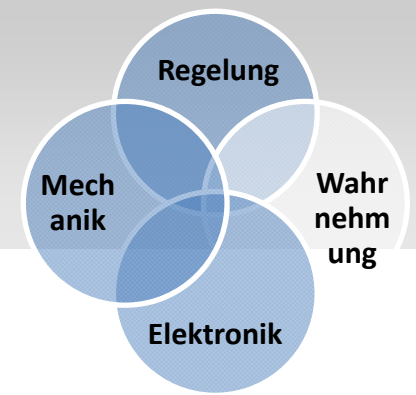


Hardware-Architektur

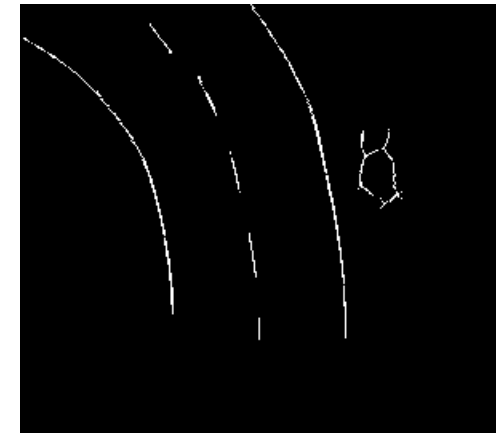
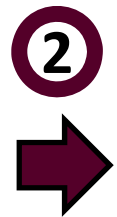
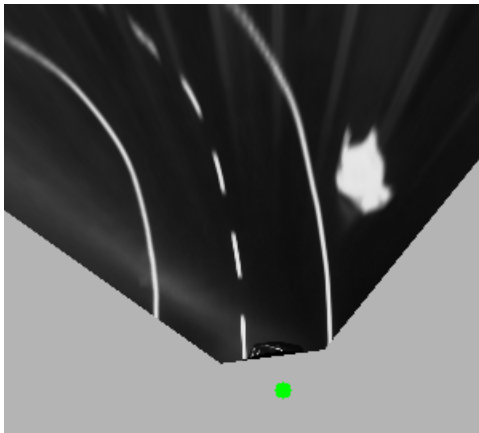
– Entwicklung der Elektronik



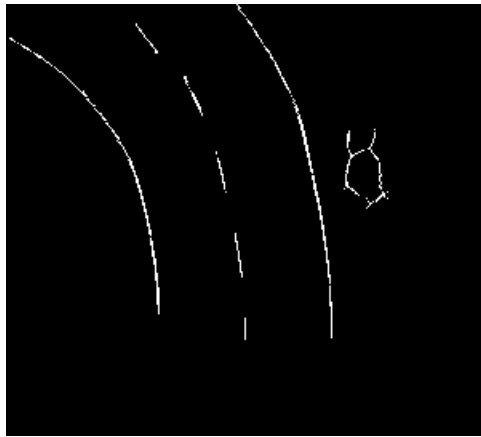
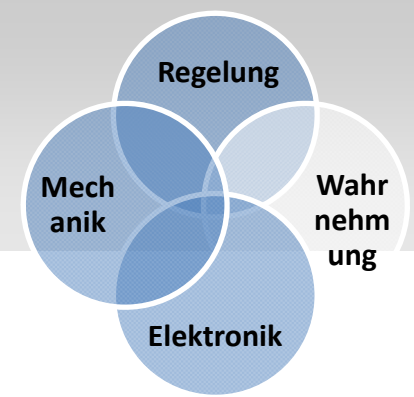
Kamerabasierte Spurerkennung – Binarisierung



- ① Topview Projektion
- ② Adaptives Thresholding
- ③ Morphologische Operatoren



Kamerabasierte Spurerkennung – Punktketten & Abstraktion



Erstellung
Punktketten

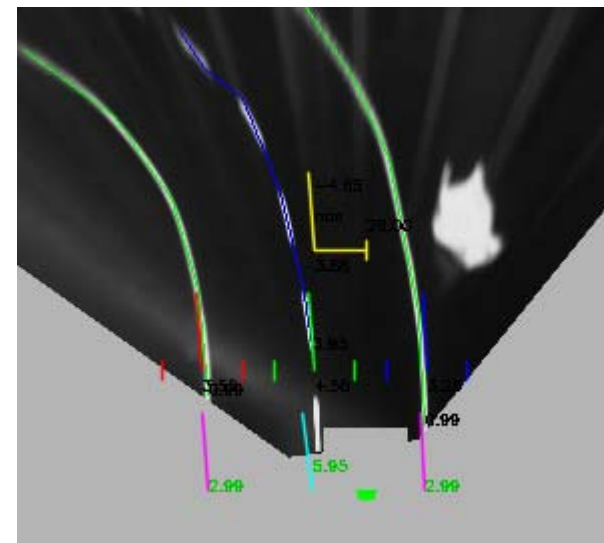
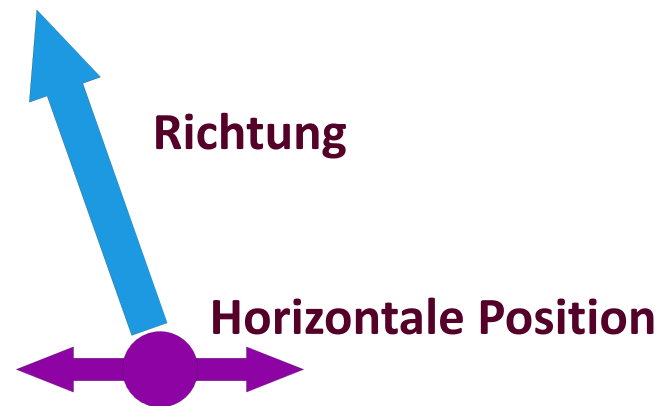
Klassifikation &
Plausibilisierung



Abstraktion

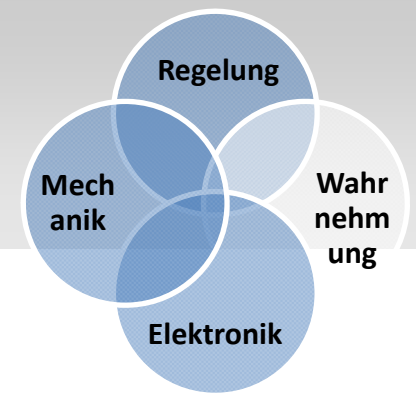
Fahrbahmodell

Abstraktion auf:

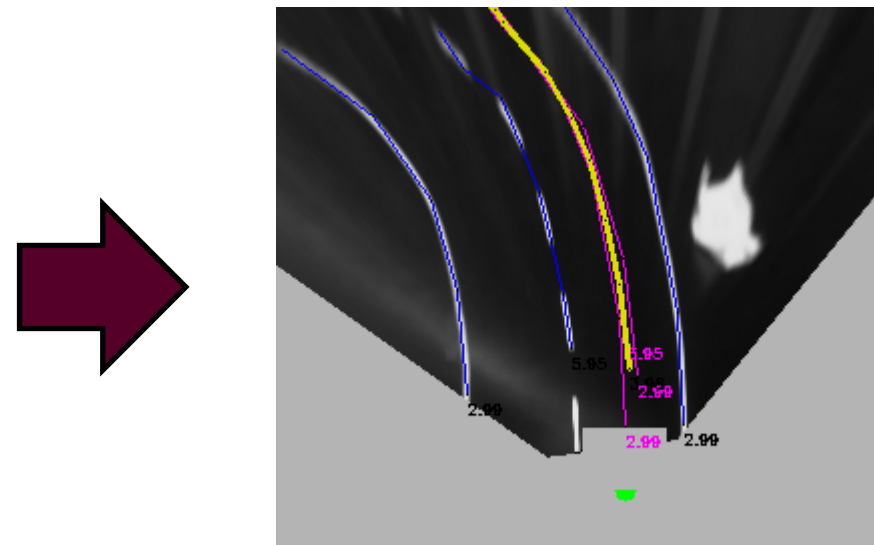
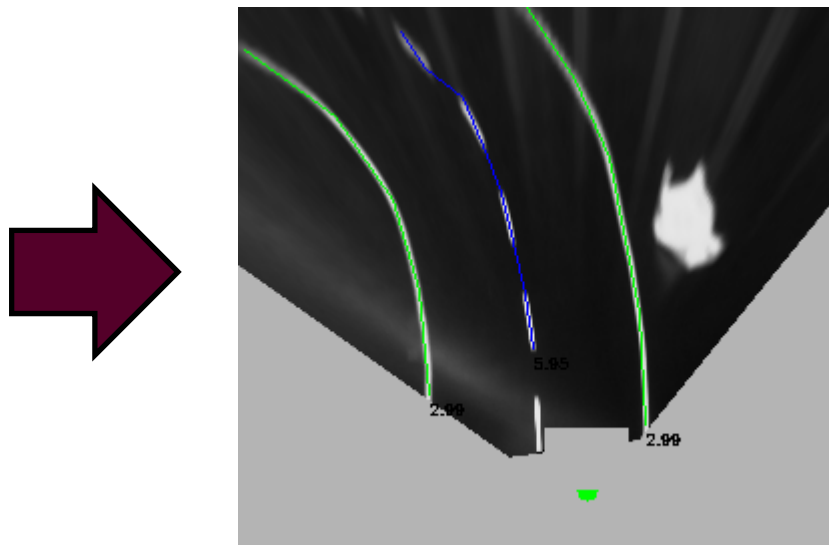


Kamerabasierte Spurerkennung

– Zieltrajektorie

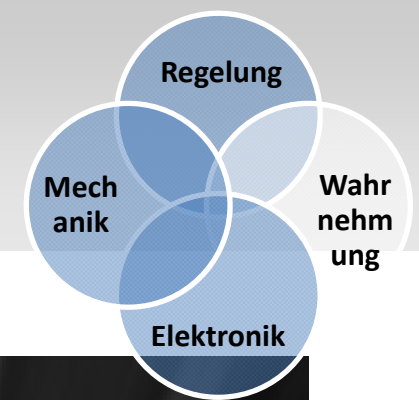


- Auswahl der besten Markierungshypothesen (Links, Mitte, Rechts)
- Berechnung der Zieltrajektorie



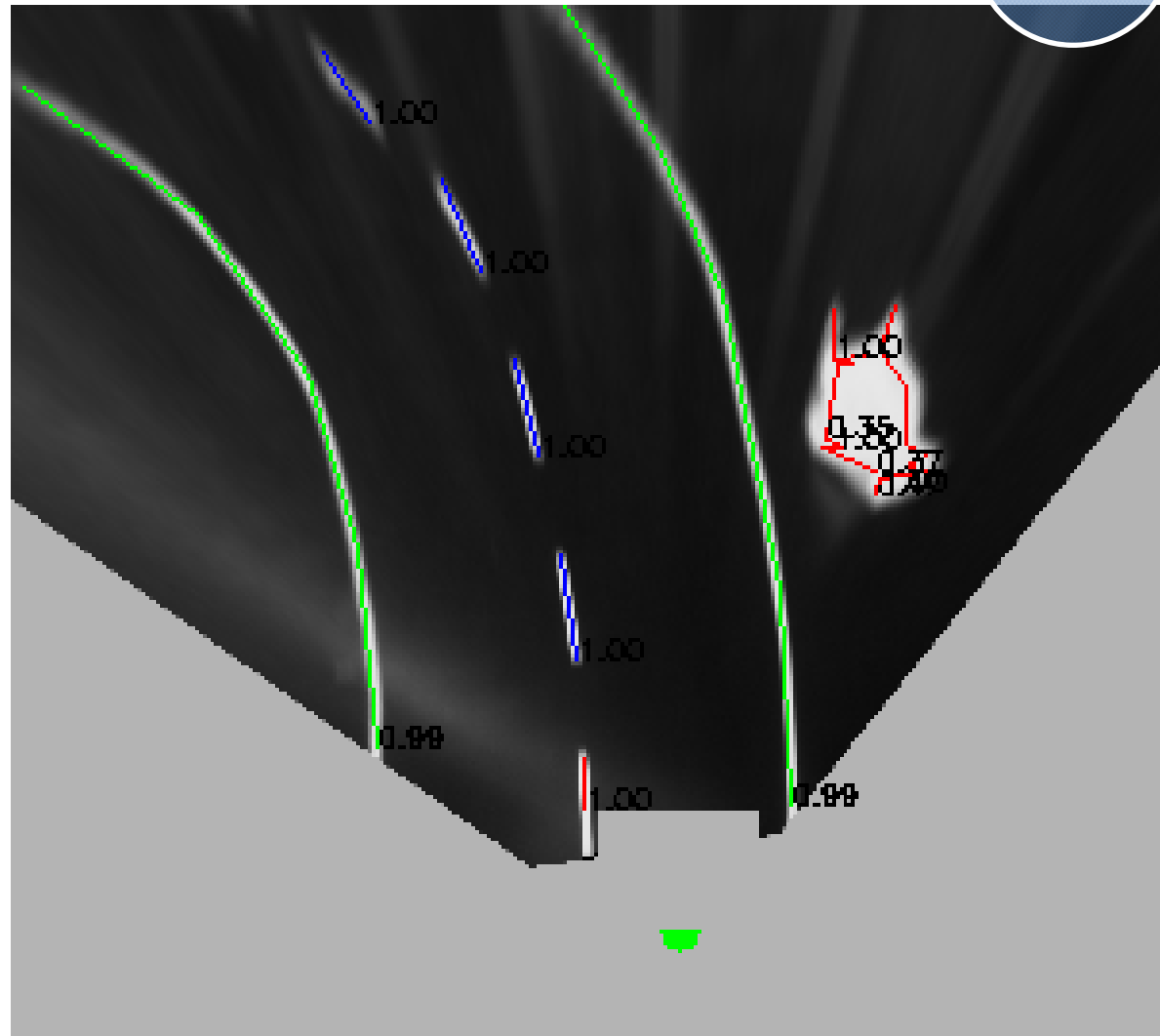
Kamerabasierte Spurerkennung

– Konfidenz

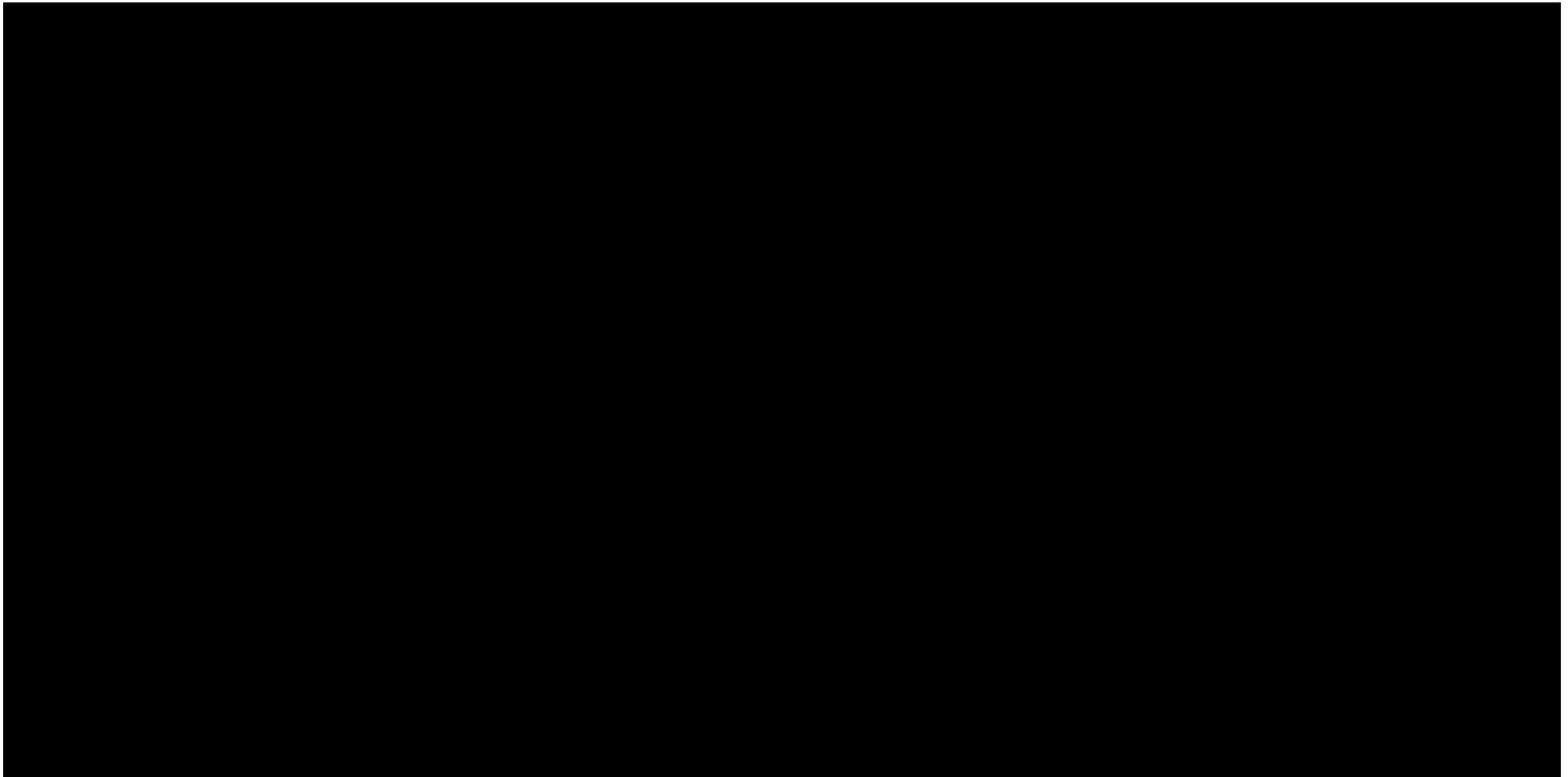
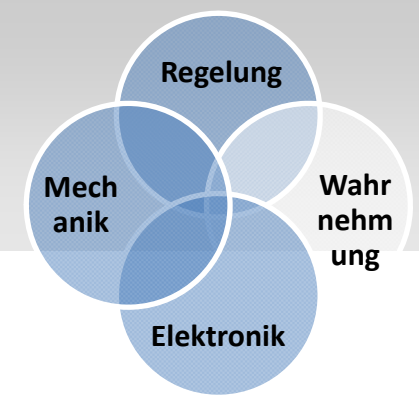


Winkelbeschleunigung
der Punktketten

↳ Konfidenz

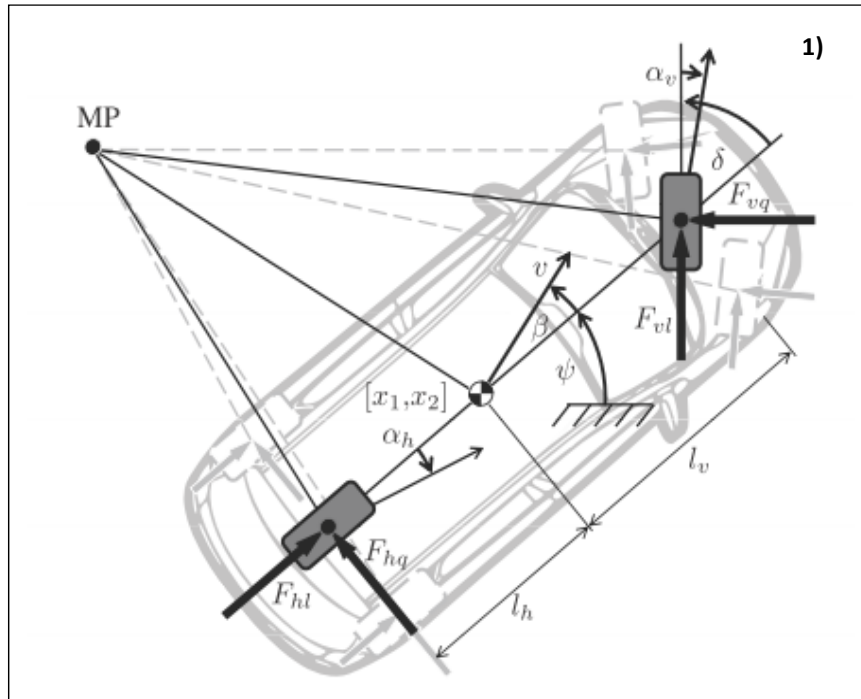
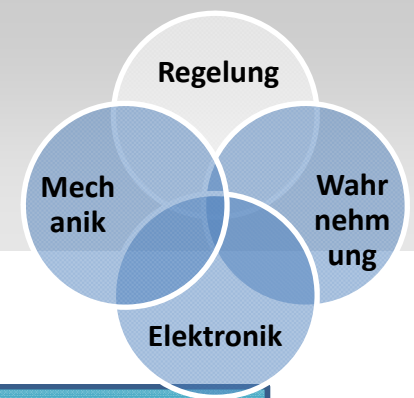


Kamerabasierte Spurerkennung – Kreuzungen / Fehlstellen



Reglungskonzept

– Dynamisches Einspurmodell



Die Zustände

ψ	Gierwinkel
δ	Lenkwinkel
v	Geschwindigkeit
β	Schwimmwinkel
$[x_1, x_2]$	Schwerpunktkoordinaten

Der Parametervektor

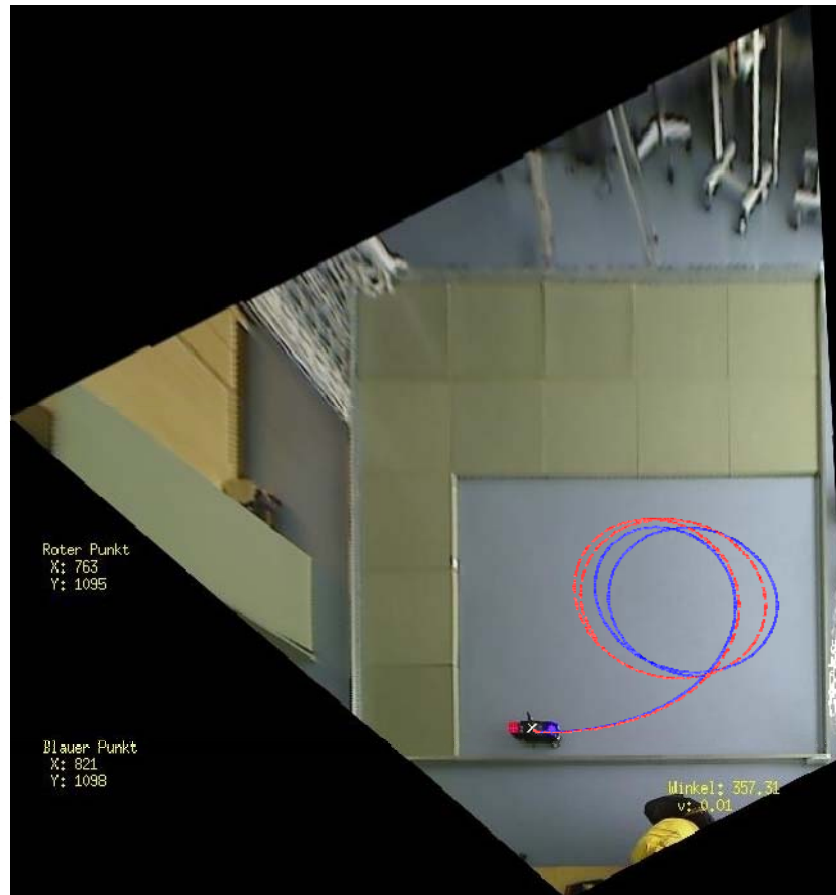
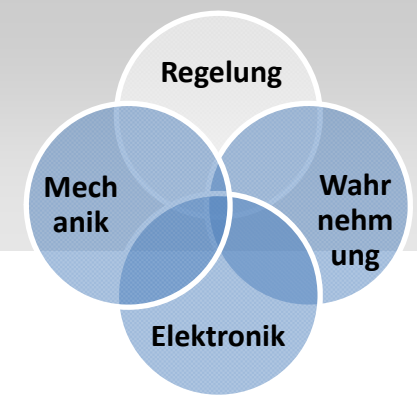
$$\mathbf{p} = \mathbf{p}(\underbrace{\rho_L, m, l, r}_{\text{Können am Fahrzeug gemessen werden}}, \underbrace{C, J, f_r, c_w A}_{\text{Müssen geschätzt werden}}, \underbrace{\Xi, T, \gamma}_{\text{Durch Annahmen festgelegt}})$$

Können am
Fahrzeug
gemessen
werden

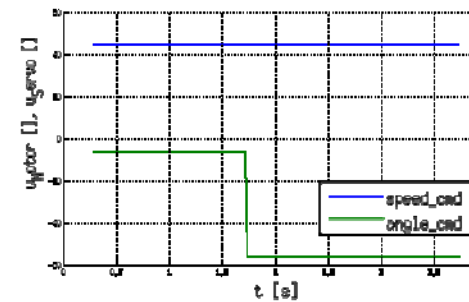
Müssen
geschätzt
werden

Durch
Annahmen
festgelegt

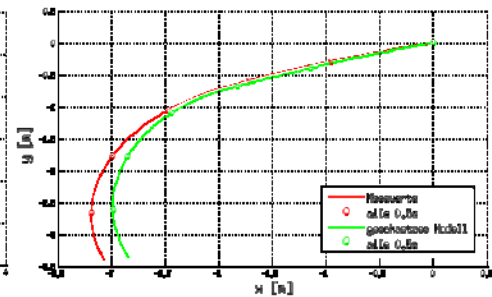
Reglungskonzept – Parameterschätzung



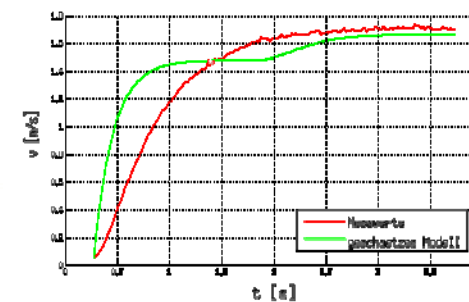
Stellgrößen



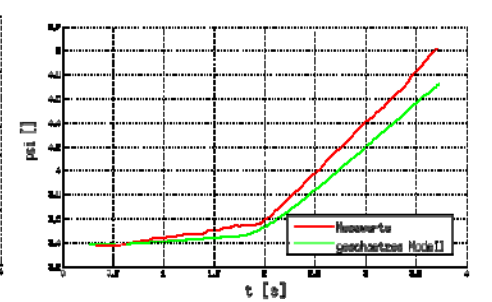
Weltkoordinaten



Geschwindigkeit

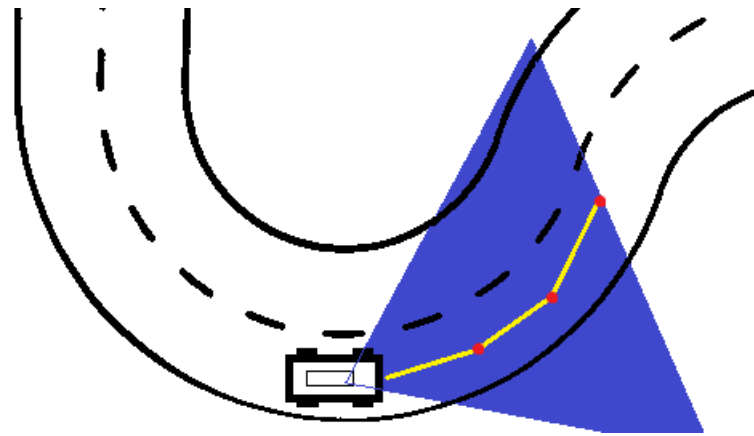
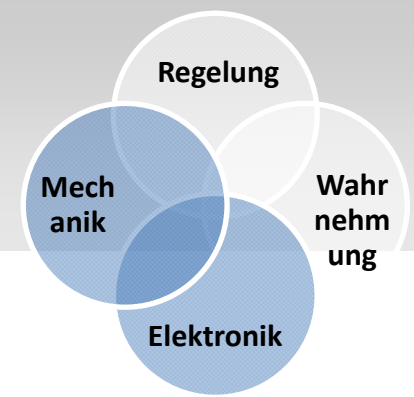


Gierwinkel



Reglungskonzept

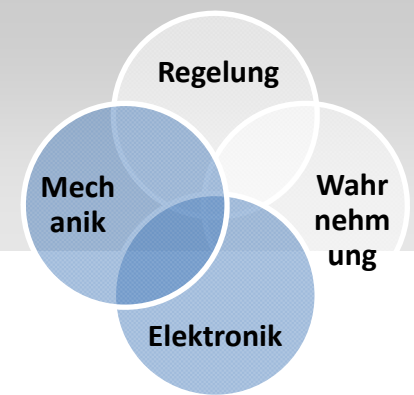
– Fahrspurverfolgung: MPC



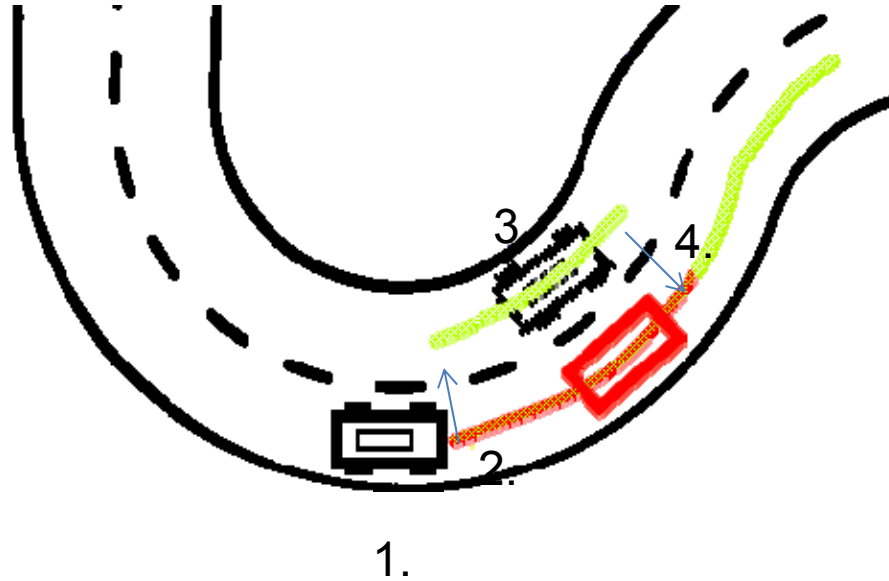
$$\min_u : J = \sum_{k=1}^3 \left\{ (Position\ Auto(u, t_k) - Polylinie(t_k))^2 \right\} + Gierwinkel(u, t_3)^2$$

Reglungskonzept

– Hindernisse, Stopplinien und Einparken

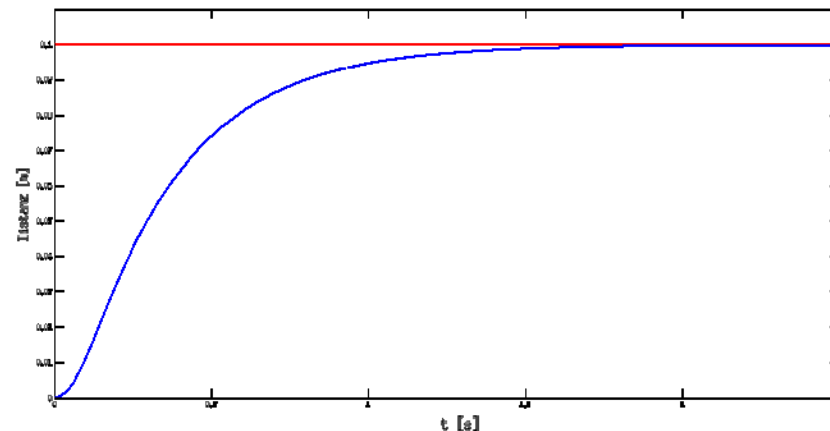


Hindernisumfahrung



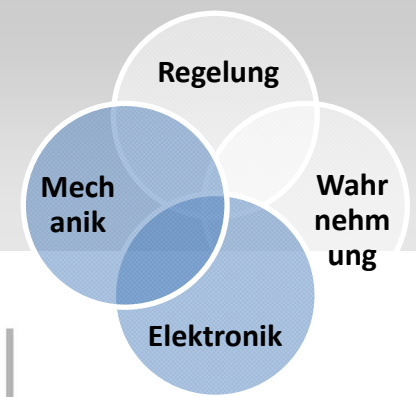
1. Erkennung eines Hindernisses
2. Translation der Trajektorie auf die Nebenfahrbahn
3. Drei Wege Authentifizierung, ob Hindernis umfahren wurde
4. Verwendung der Originaltrajektorie

Distanzregelung für das Stopplinien- und Einparkszenarium

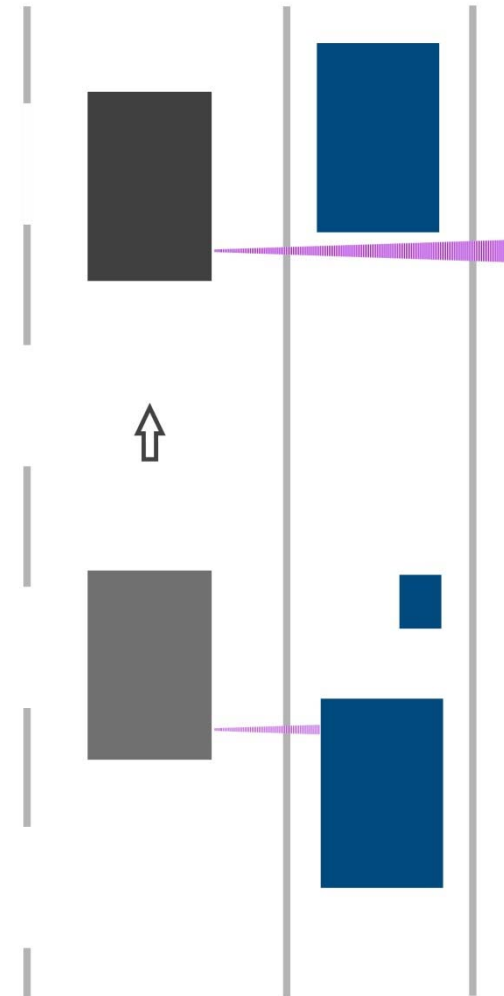


Funktion Einparken

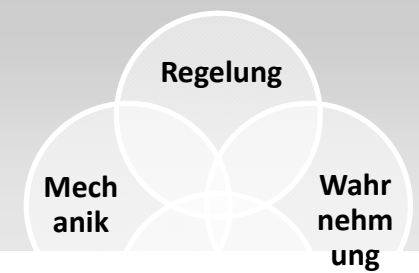
– Konzept



- Spurregler des Rundkurses
- Ein seitlicher IR-Sensor & Odometrie
- Feste Einparktrajektorie



Probleme & Lösungen



Wahrnehmung:

- Polylinien → Lösung des Korrespondenzproblems (Benutzung von Spline-Kurven)
- Bewegungsunschärfe bei hohen Geschwindigkeiten (Linienerkennung im Kamerabild, Topviewprojektion der Linien)

Hardware:

- Besseres Chassis

Regelung:

- Berechnung mehrerer Eingänge pro Optimierung (Optimierung vom Code, schnellere CPU)

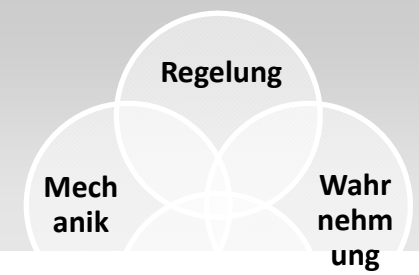
Einparken:

- Bessere Erkennung von Parklücken (mehr Sensoren)
- Fahrzeug ist zu lang für enge Lücken (Fahrzeug verkürzen)

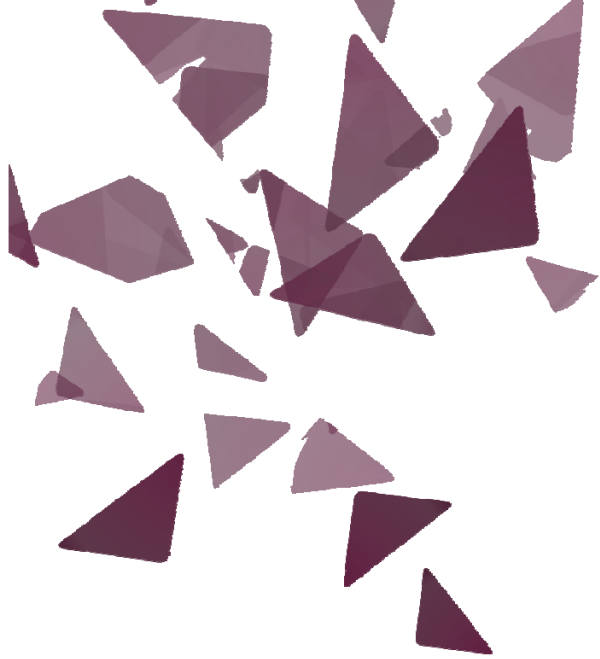
Hinderniserkennung:

- Laserscanner fehlt
- Reaktiver Ansatz → Fahrtrplanung/Kartenbasierte Lokalisierung

Kostenaufteilung



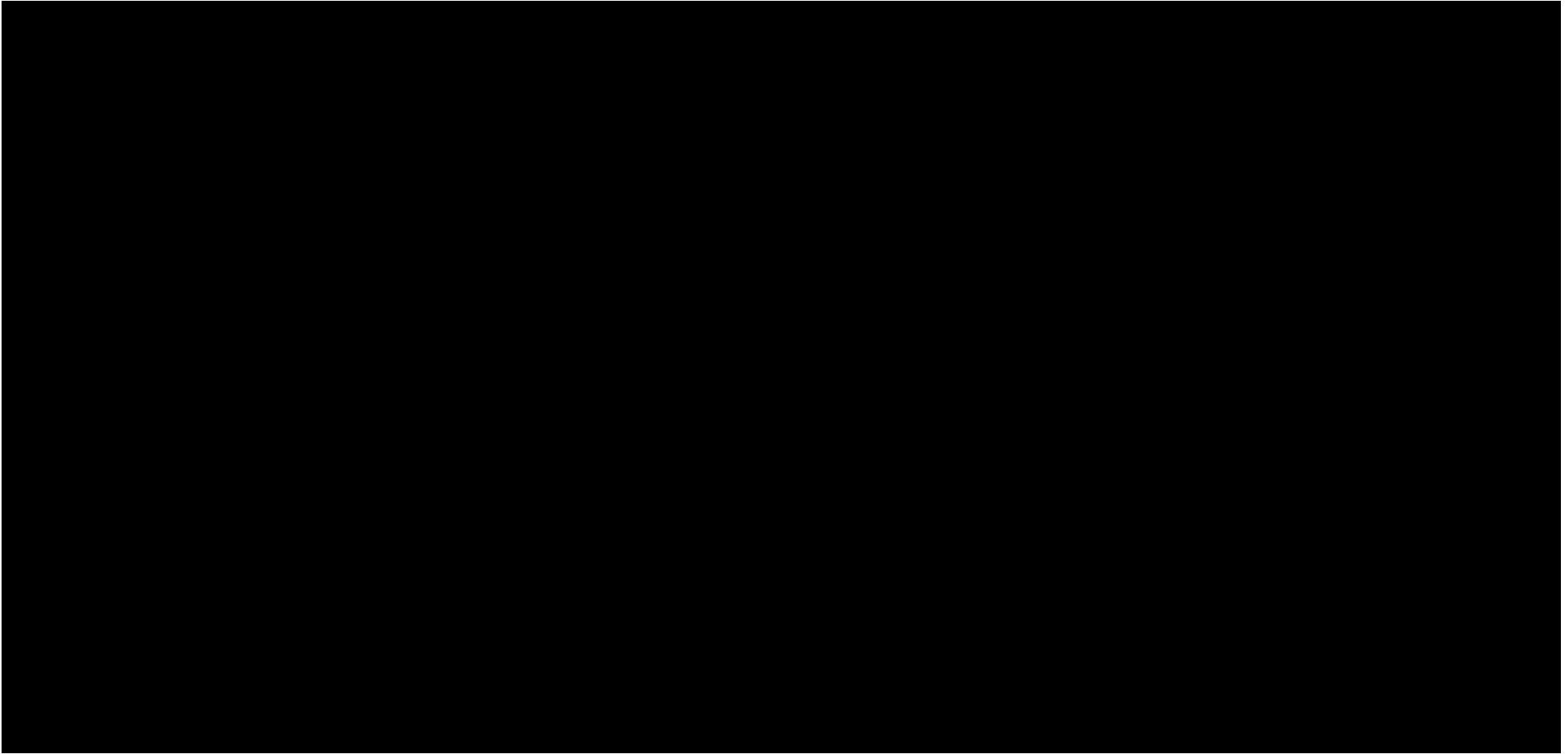
Bauteil	Kosten in €
Unterbau Tamiya TT01E	120
3D-Druck Chassis	250
Platine	100
NUC	250
Kamera	600
Akku	40
Infrarotsensoren	24
Sonstige Kleinteile	20
Gesamtbetrag	1.384



**Danke für ihre
Aufmerksamkeit!**

Kamerabasierte Spurerkennung

– Schnelle Fahrt - Zusatz



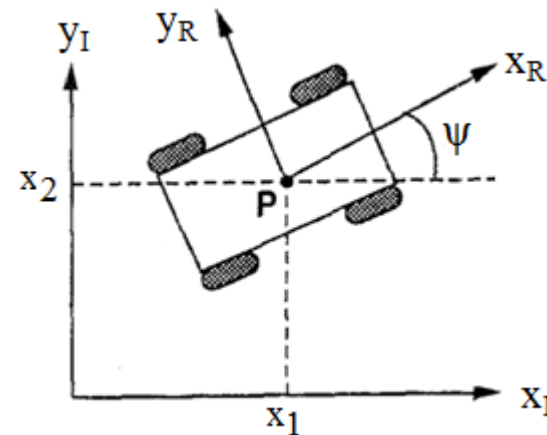
Anhang Regelungskonzept

– Dynamisches Einspurmodell - Zusatz

Physikalische Größe	Nominalwert
Fahrzeugmasse	$m = 2 \text{ kg}$
Radabstand	$l = 0,3 \text{ m}$
Reifenradius	$r = 0,02 \text{ m}$
Motorverteilung	$\gamma = 0,5$
Motorübersetzung	$\Xi = 0,4 \cdot 10^4$
Schräglauflübersetzung	$C = 0,2$
Trägheitsmoment	$J = 0,5 \text{ Nm}$
Rollwiderstandsbeiwert	$f_r = 3$
Luftwiderstandsbeiwert	$c_w A = 0,2$

Gesamtmodell der Zustandsraumgleichungen

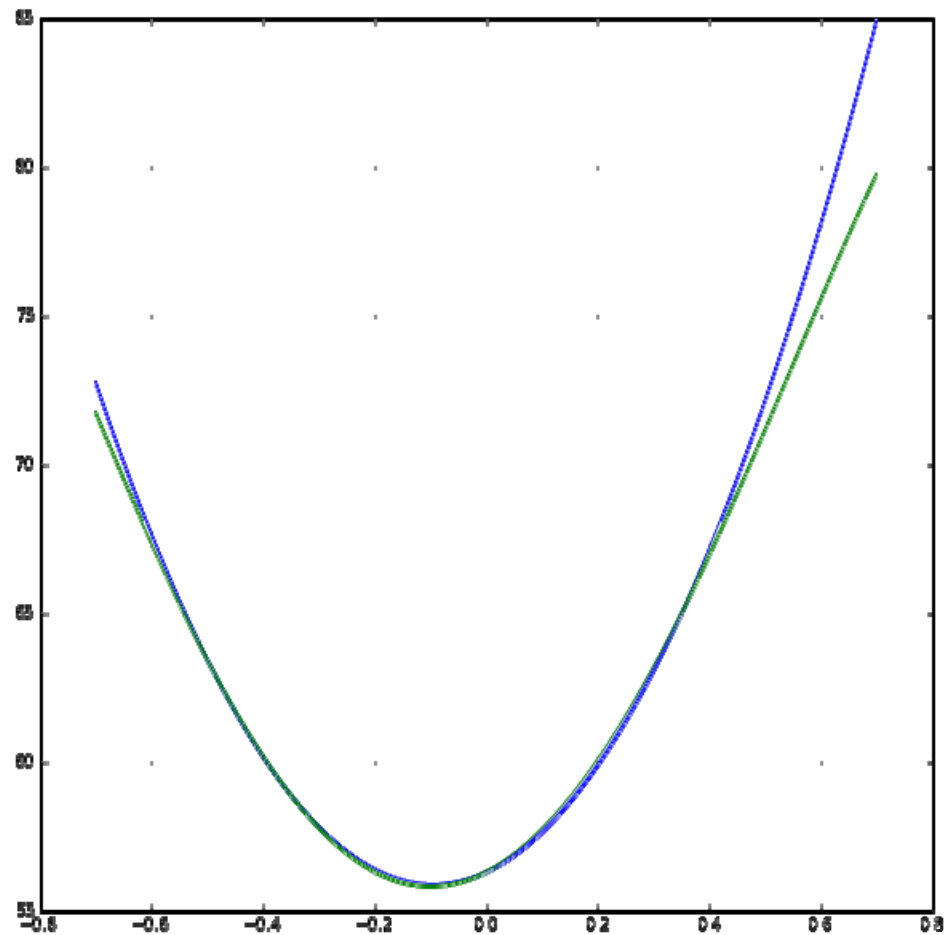
$$\begin{aligned}
 \dot{x}_1 &= x_6 \cos(x_3 + x_5) \\
 \dot{x}_2 &= x_6 \sin(x_3 + x_5) \\
 \dot{x}_3 &= x_4 \\
 \dot{x}_5 &= -x_4 + p_4 \frac{x_7 \cos(x_7 - x_5)}{x_6} - p_4 \arctan\left(\frac{l_v x_4}{x_6}\right) \frac{\cos(x_7 - x_5)}{x_6} + \dots \\
 &\quad p_5 \frac{x_7 u_2}{x_6} - p_5 \frac{x_5 u_2}{x_6} + p_6 \arctan\left(\frac{l_h x_4}{x_6}\right) \frac{1}{x_6} - p_7 \frac{x_5 u_2}{x_6} + p_9 x_4^2 x_5 x_6 \\
 \dot{x}_6 &= p_4 x_7 x_5 - p_4 x_7^2 - p_4 \arctan\left(\frac{l_v x_4}{x_6}\right) x_7 + p_4 \arctan\left(\frac{l_h x_4}{x_6}\right) x_5 + \dots \\
 &\quad p_5 u_2 \cos(x_7 - x_5) + p_6 \arctan\left(\frac{l_h x_4}{x_6}\right) x_5 + \dots \\
 &\quad p_7 u_2 - p_8 x_6 - p_9 x_6^2 x_4^2 - p_{10} x_6^2 \\
 \dot{x}_7 &= -\frac{x_7}{p_{11}} + \frac{u_1}{p_{11}}
 \end{aligned}$$



Anhang Regelungskonzept

– Dynamisches Einspurmodell - Zusatz

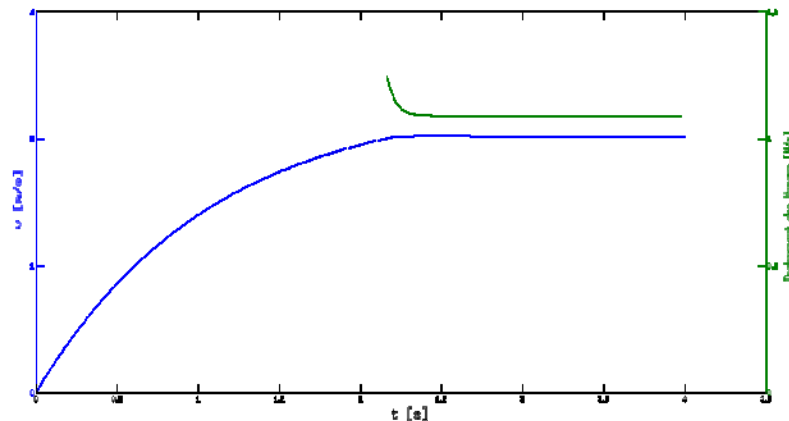
Kostenfunktion



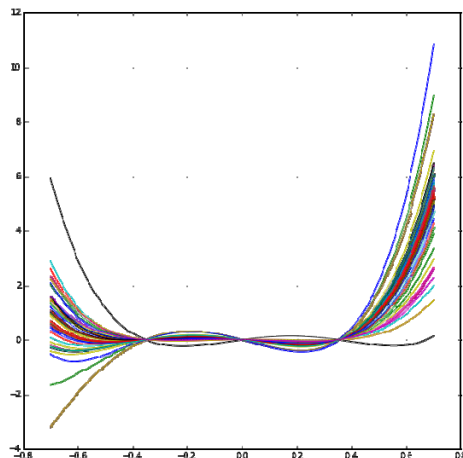
Anhang Regelungskonzept

– Fahrspurverfolgung: MPC - Zusatz

PI-Regler für die Geschwindigkeit



Fehleranalyse der MPC-Kostenfunktion



Beispiel Fahrspurregelung: Position des Fahrzeuges in Weltkoordinaten

