

Projektseminar Echtzeitsysteme

Endvortrag Team MoveIT



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Florian Fischer, Carsten Heinz, Sven Hellwig, David Nass,
Matthias Sterzik



- Modellbildung/Identifikation
- Lokalisierung
- Rundkurs ohne Hindernisse
- Rundkurs mit Hindernissen
- Autonomes Erkunden
- Fazit & Ausblick

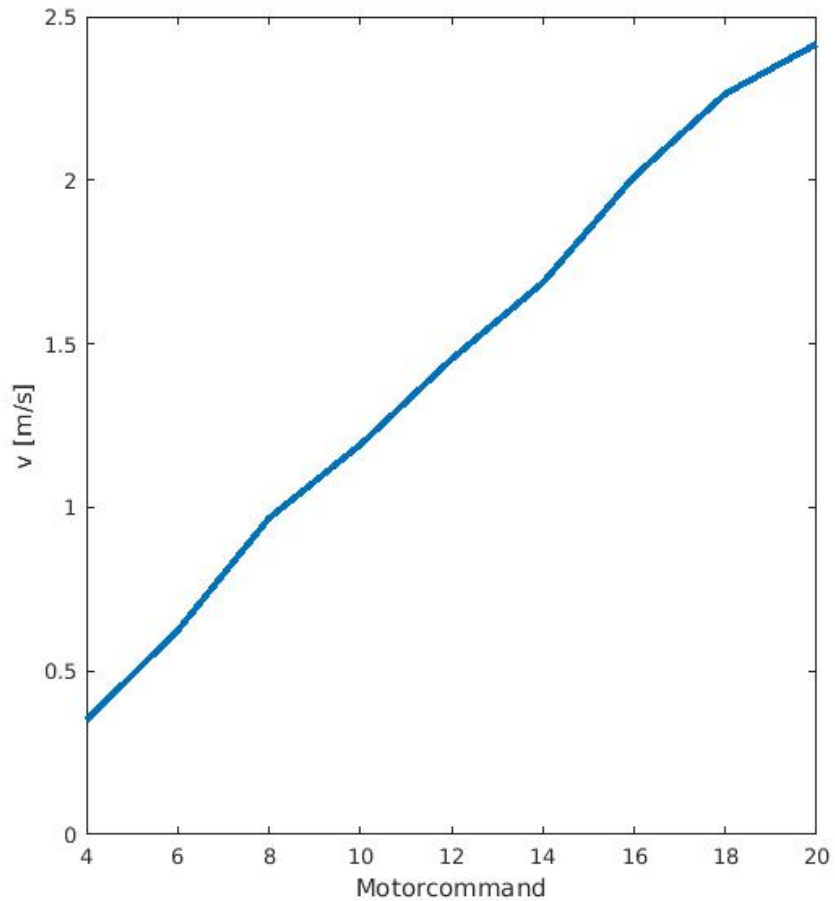
Motor-/Lenkwinkelkennlinie

Problematik:

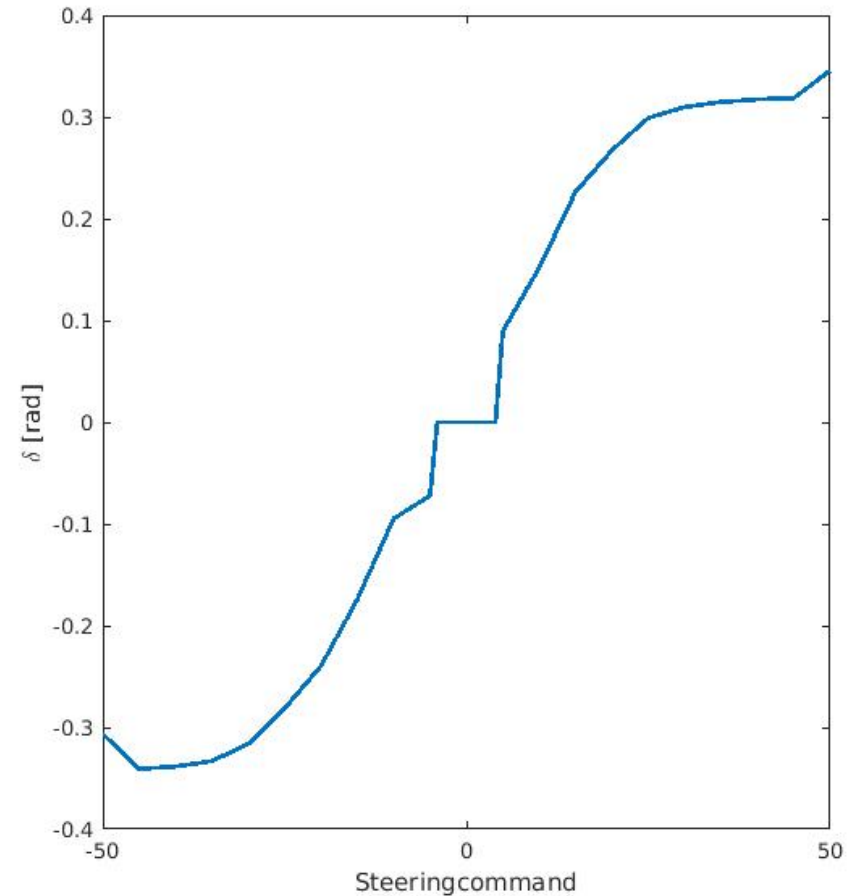
- Genaue Übersetzung der Soll-Geschwindigkeit/-Lenkwinkel in Motor-/Steeringcommands
- Kennlinie ist nichtlinear und nicht genau bestimmbar
- Störgrößeneinfluss

Motor-/Lenkwinkelkennlinie

Motorkennlinie vorwärts



Lenkwinkelkennlinie



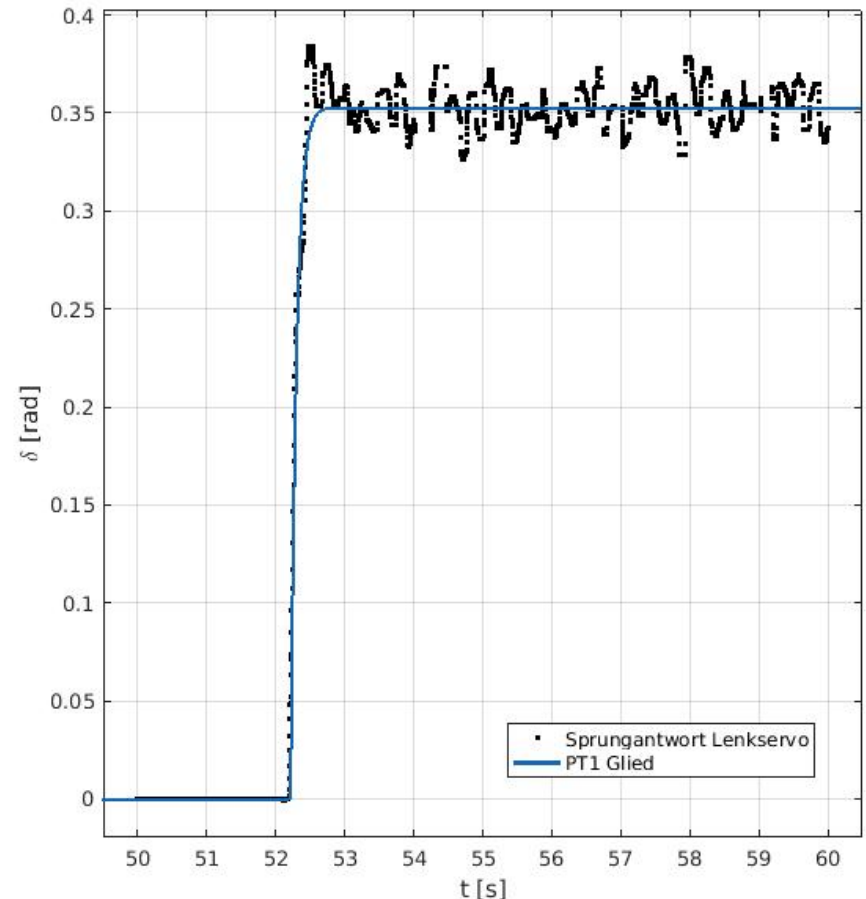
Identifikation

- Annäherung der Sprungantwort mit einem PT1-Glied

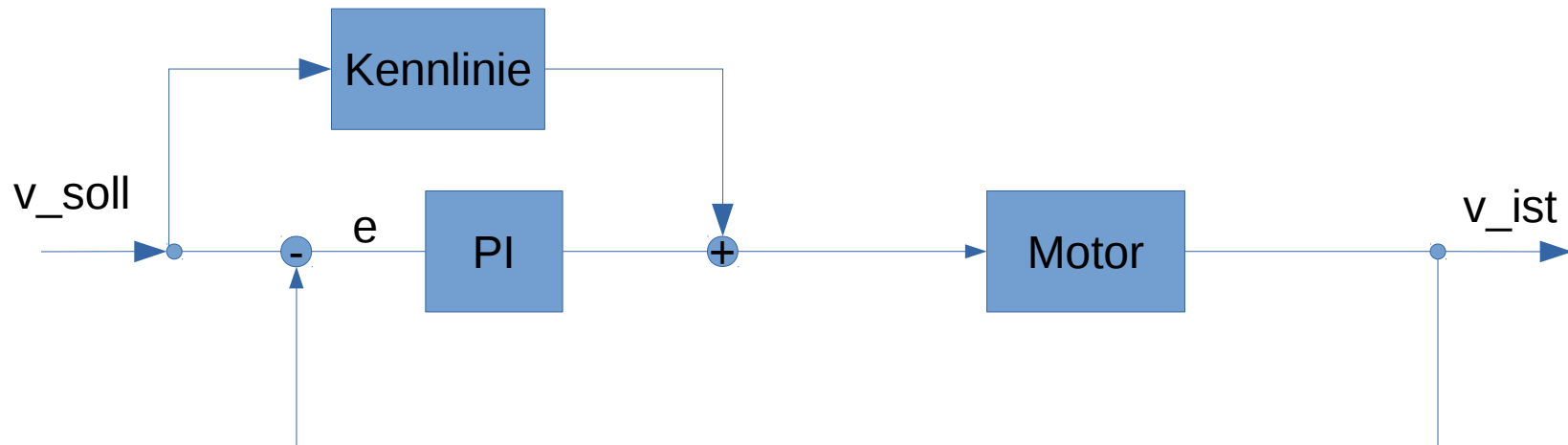
$$G(s) = \frac{K}{1 + T \cdot s}$$

mit $K = 0.3531$, $T = 0.08392$

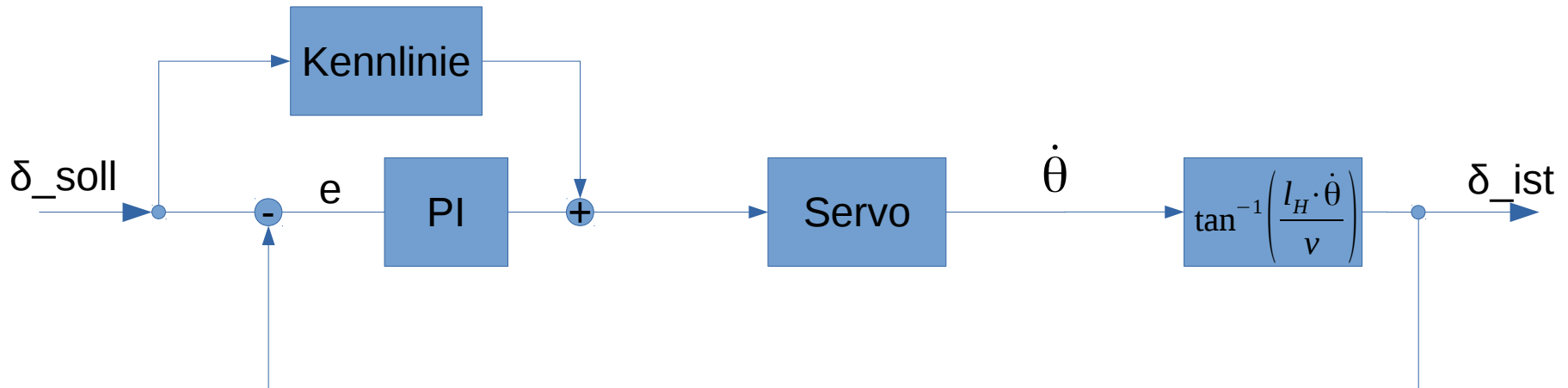
- Anschließendender Reglerentwurf



Geschwindigkeitsregelung



Lenkwinkelregelung



- Lenkwinkel lässt sich nur bei ausreichend genauer Geschwindigkeitsmessung bestimmen



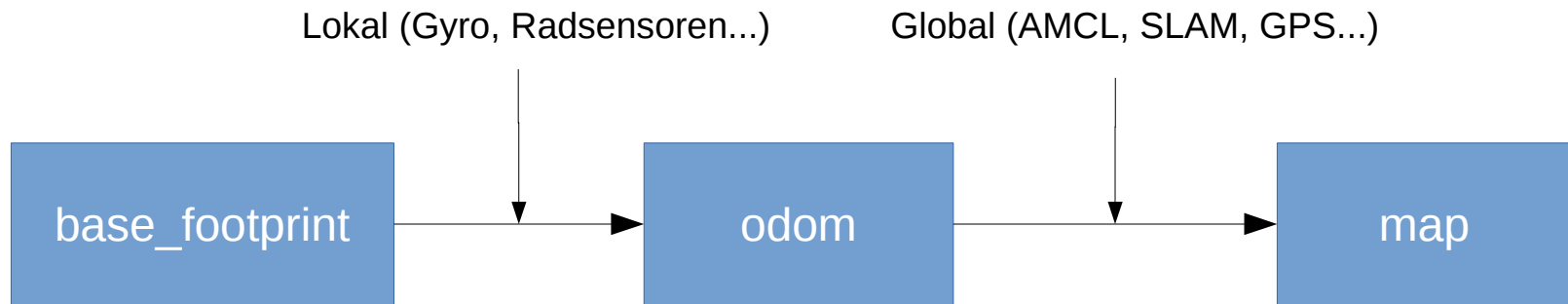
Probleme bei Positionsbestimmung (Lokalisierung):

- Mehrere Sensoren,
- Redundante Messungen
- Gyroskop und Beschleunigungssensor haben Bias

→ Sensorfusion mittels EKF

- Biaskompensation
- Schätzung in regelmäßigen Zeitintervallen



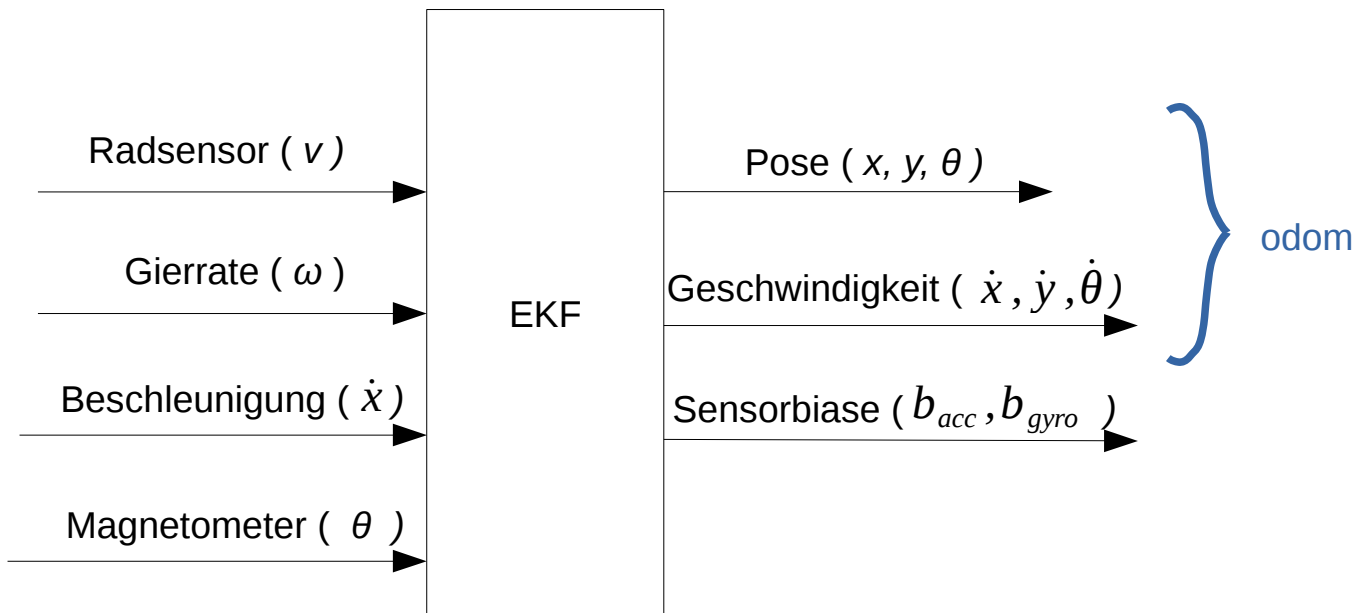


- Fahrzeugfestes KOS

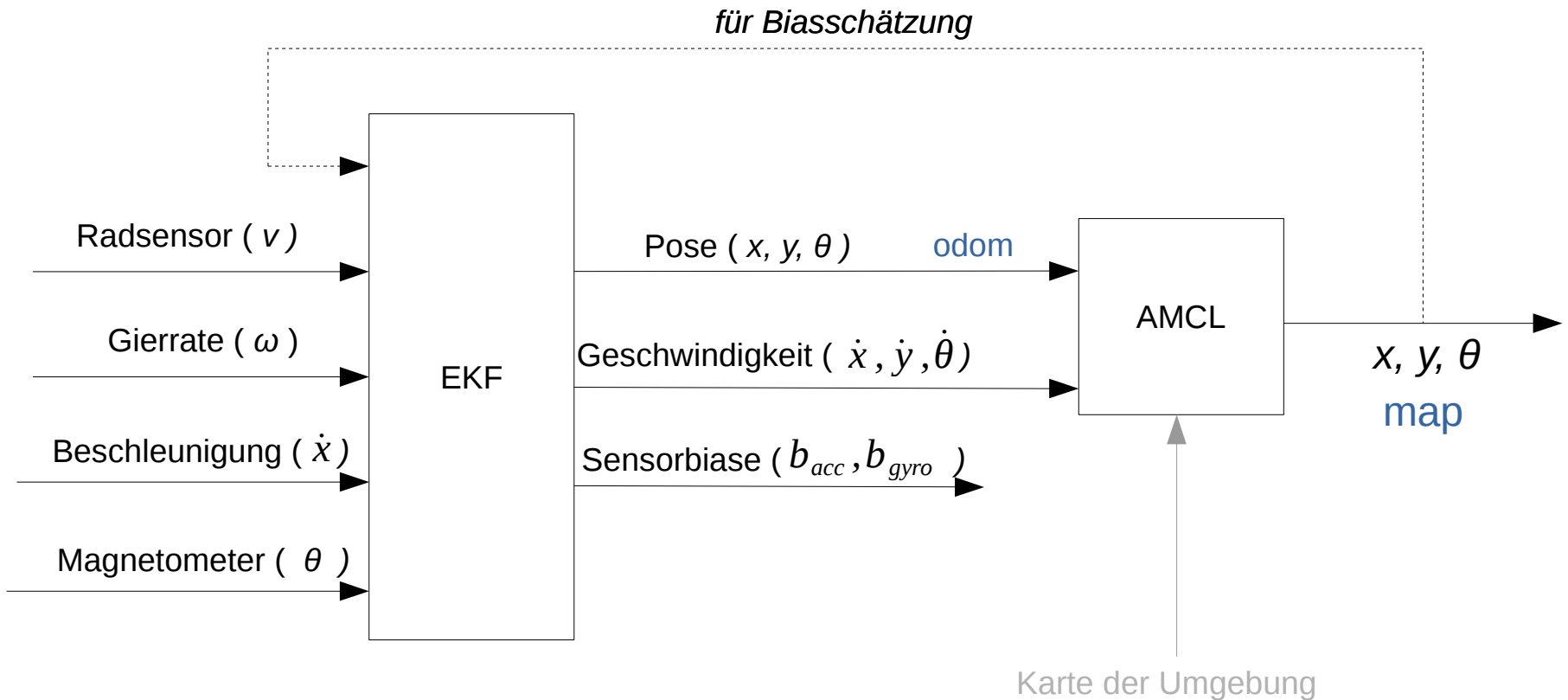
- Global
- Keine Sprünge
- Driftet gegenüber Karte

- Global (kartenfest)
- Kann springen
- Kein Drift

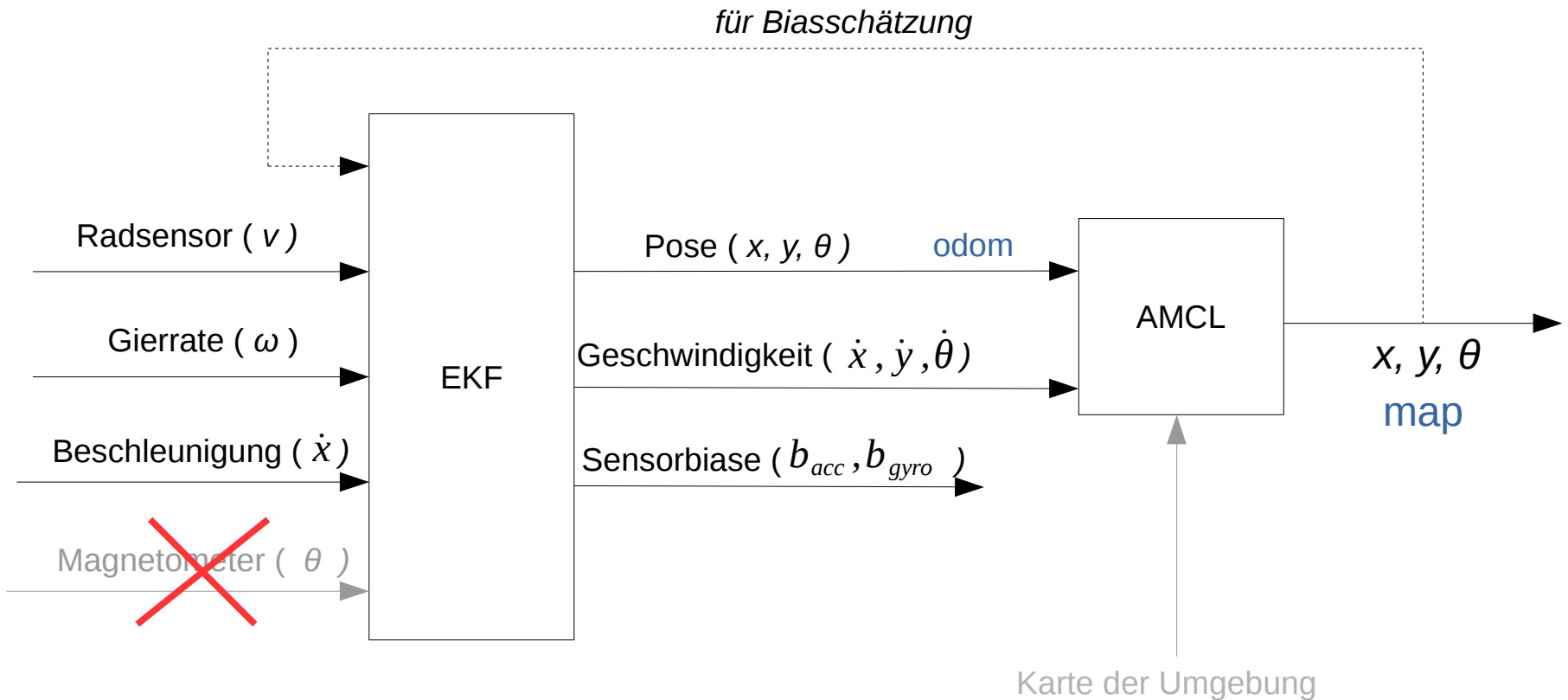
EKF



EKF + AMCL



EKF + AMCL



Rundkurs ohne Hindernisse

- Regelung basierend auf globalen Pfad
- SBPL (search-based-planning-laboratory) Lattice Planner als Global Planner
- Kann an viele Roboter angepasst werden
 - Motion Primitives zur Beschreibung der Bewegungen
- Pfad für normalen Rundkurs

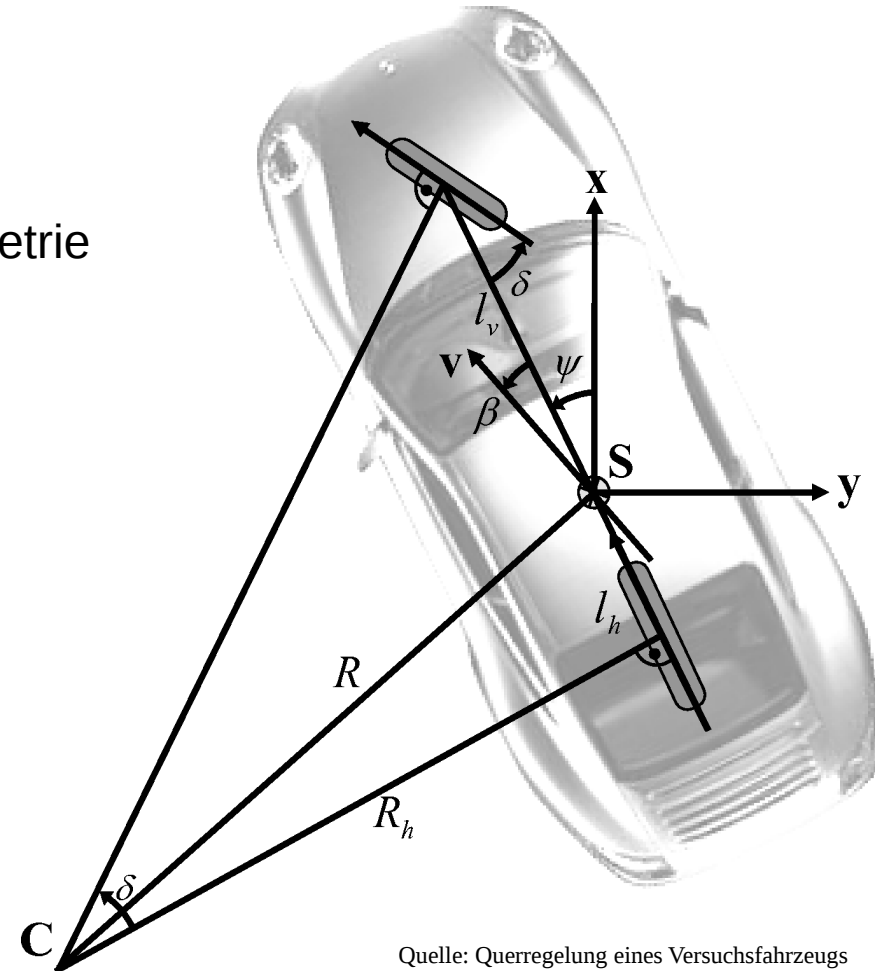
Pfadfolgeregelung

- Geschwindigkeit wird als konstant angenommen
- Aus Pfadkrümmung und Fahrzeuggeometrie ergibt sich der gewünschte Lenkwinkel

$$R = \frac{1}{\tan(\delta)} \sqrt{l^2 + l_H^2 \cdot \tan^2(\delta)}$$

$$\text{Krümmung: } \kappa = \frac{1}{R}$$

$$\delta_v = \tan^{-1} \left(l \cdot \kappa \cdot (1 - l_H^2 \cdot \kappa^2)^{-1/2} \right)$$



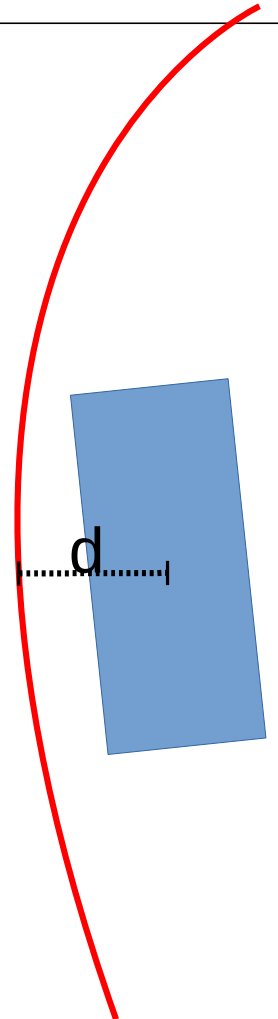
Quelle: Querregelung eines Versuchsfahrzeugs entlang vorgegebener Bahnen - Steffen Kehl

- Abweichungen zur Sollposition werden mit einem PD-Regler ausgeregelt

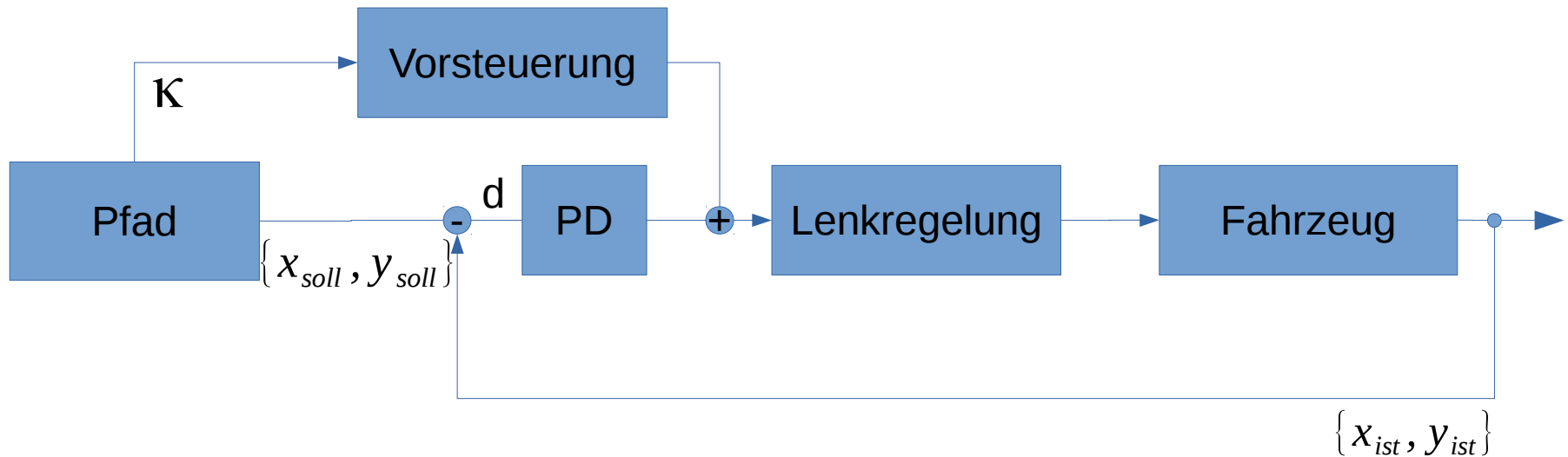
$$\delta_r = P \cdot d + D \cdot \dot{d}$$

- Insgesamt ergibt sich ein Lenkwinkel von:

$$\delta = \delta_v + \delta_r$$

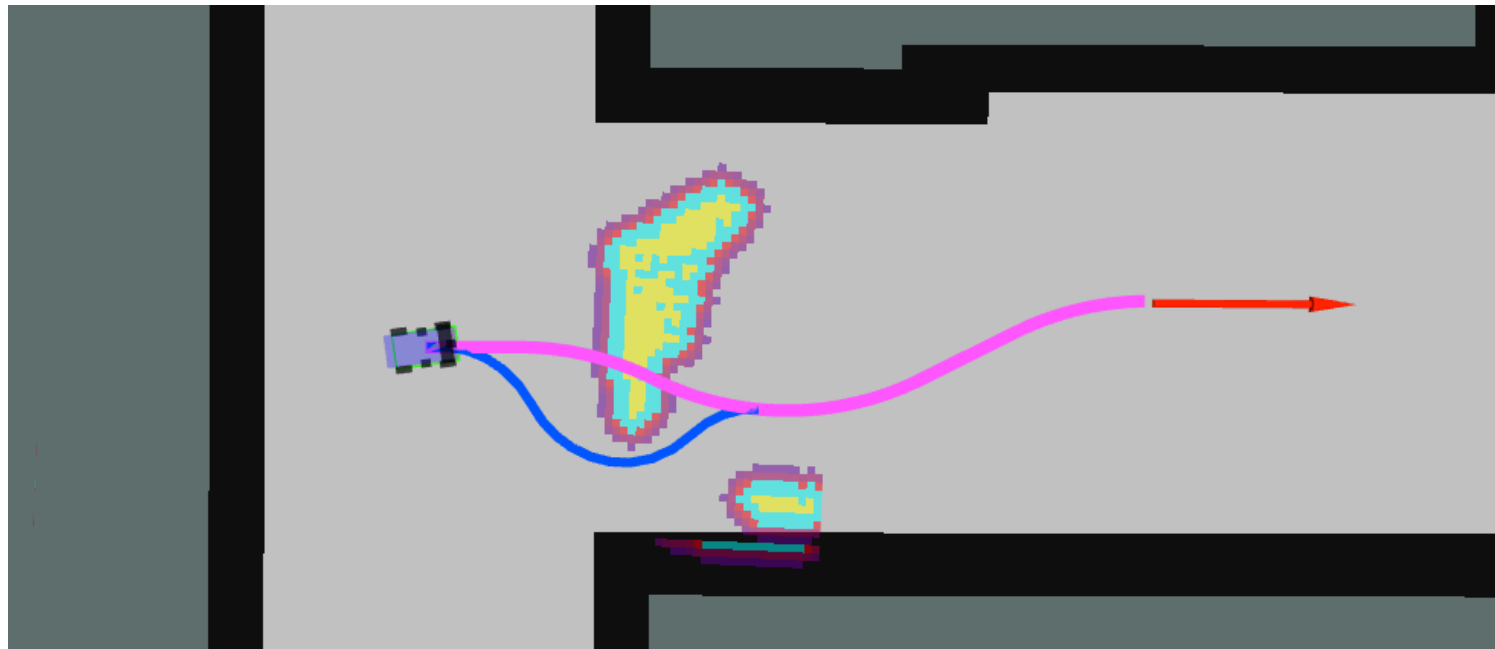


Pfadfolgeregelung



Rundkurs mit Hindernissen

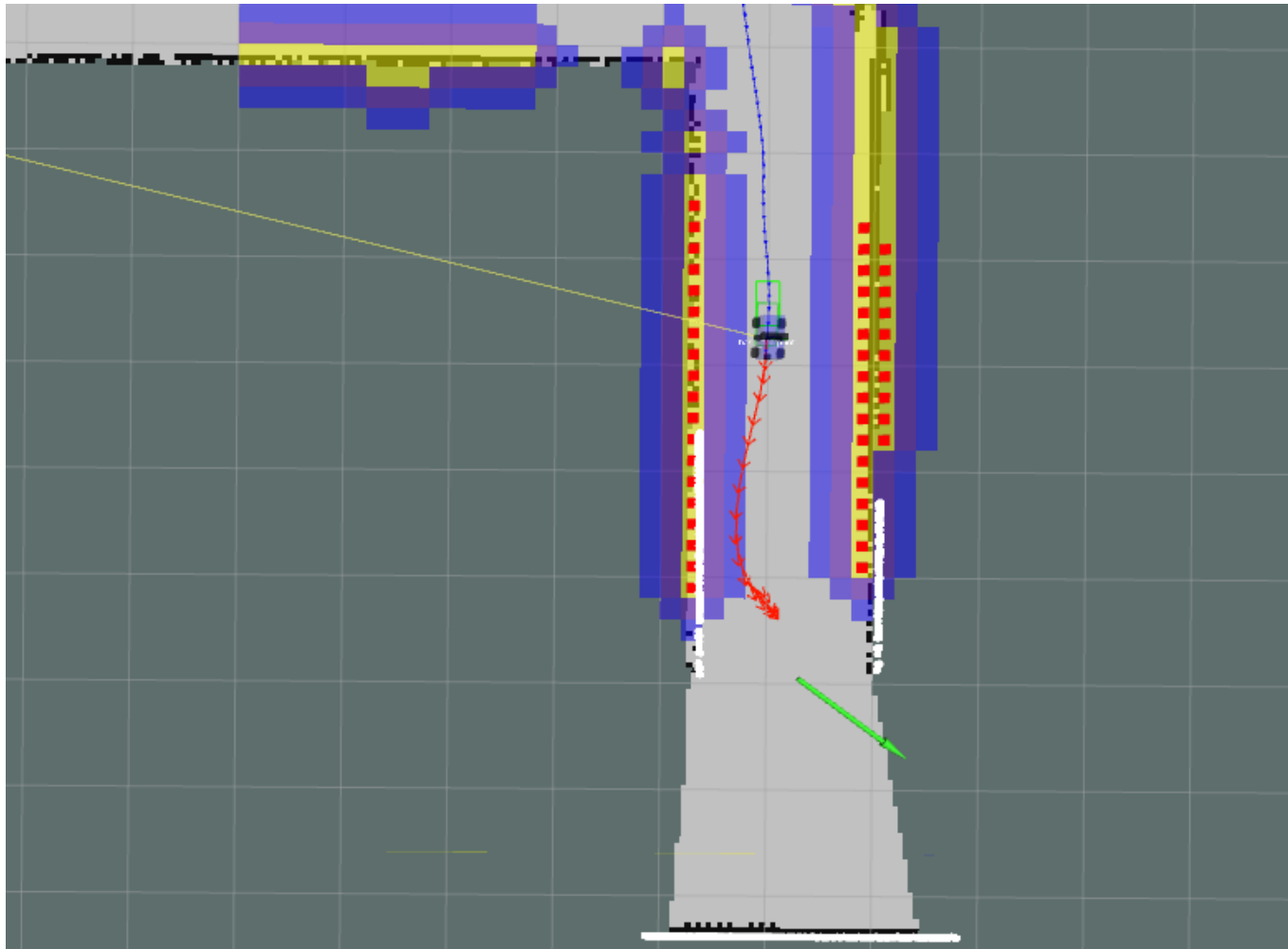
- Teb (timed-elastic-band) Local Planner
- Verwendet LaserScan zur Erkennung von Hindernissen
- Lokale Abweichungen vom globalen Pfad



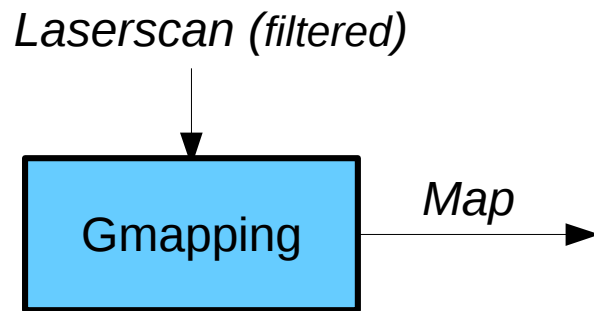
Autonomes Erkunden



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

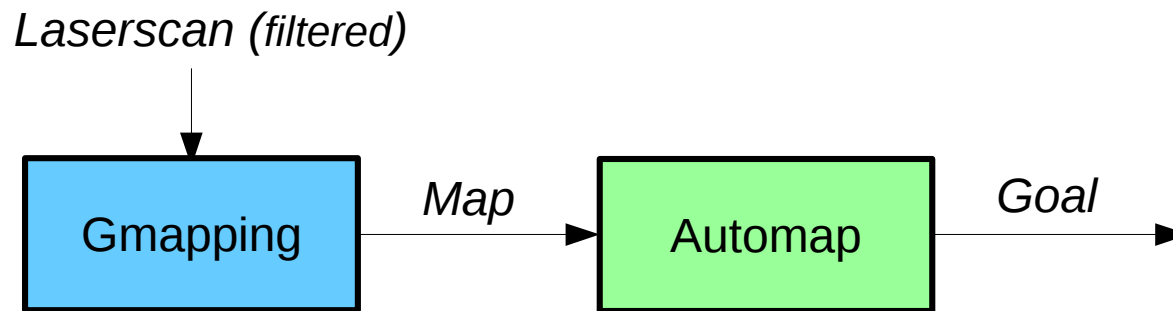


Autonomes Erkunden – Ablauf



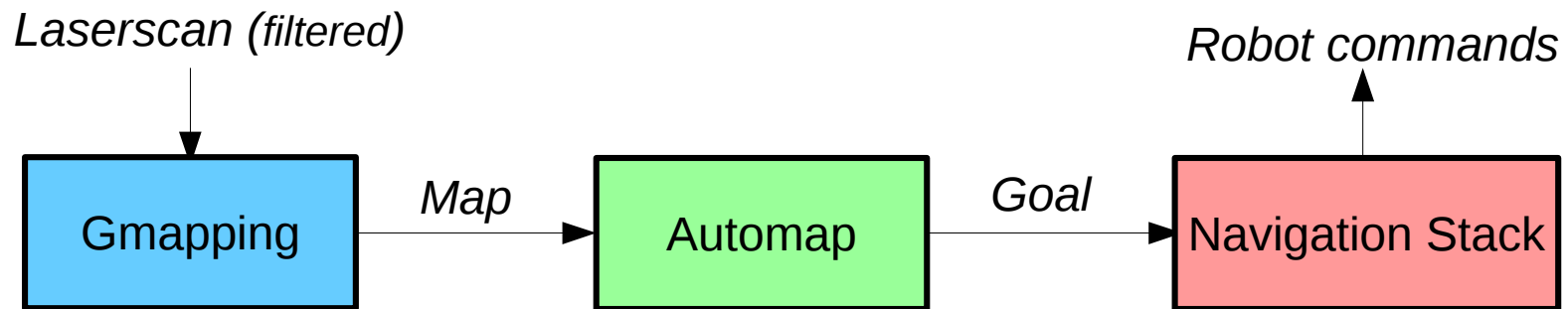
- Laser-based **SLAM**
(**S**imultaneous
Localization **and**
Mapping)

Autonomes Erkunden – Ablauf



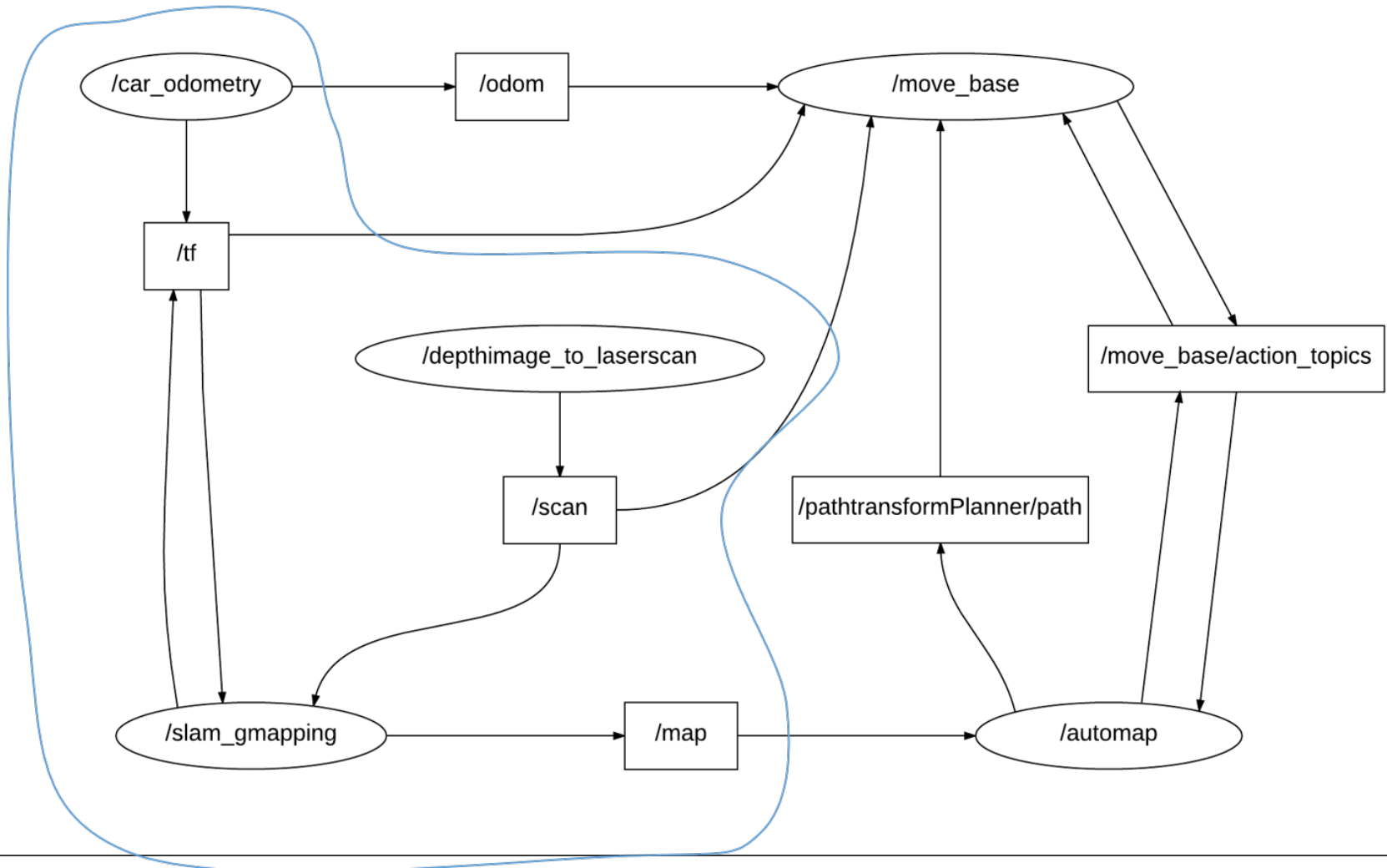
- Laser-based **SLAM** (**S**imultaneous **L**ocalization **a**nd **M**apping)
 - Frontier Detection
 - Path-Transform Algorithmus (welches ist der kostengünstigste Pfad?)
 - ROS SimpleActionClient

Autonomes Erkunden – Ablauf

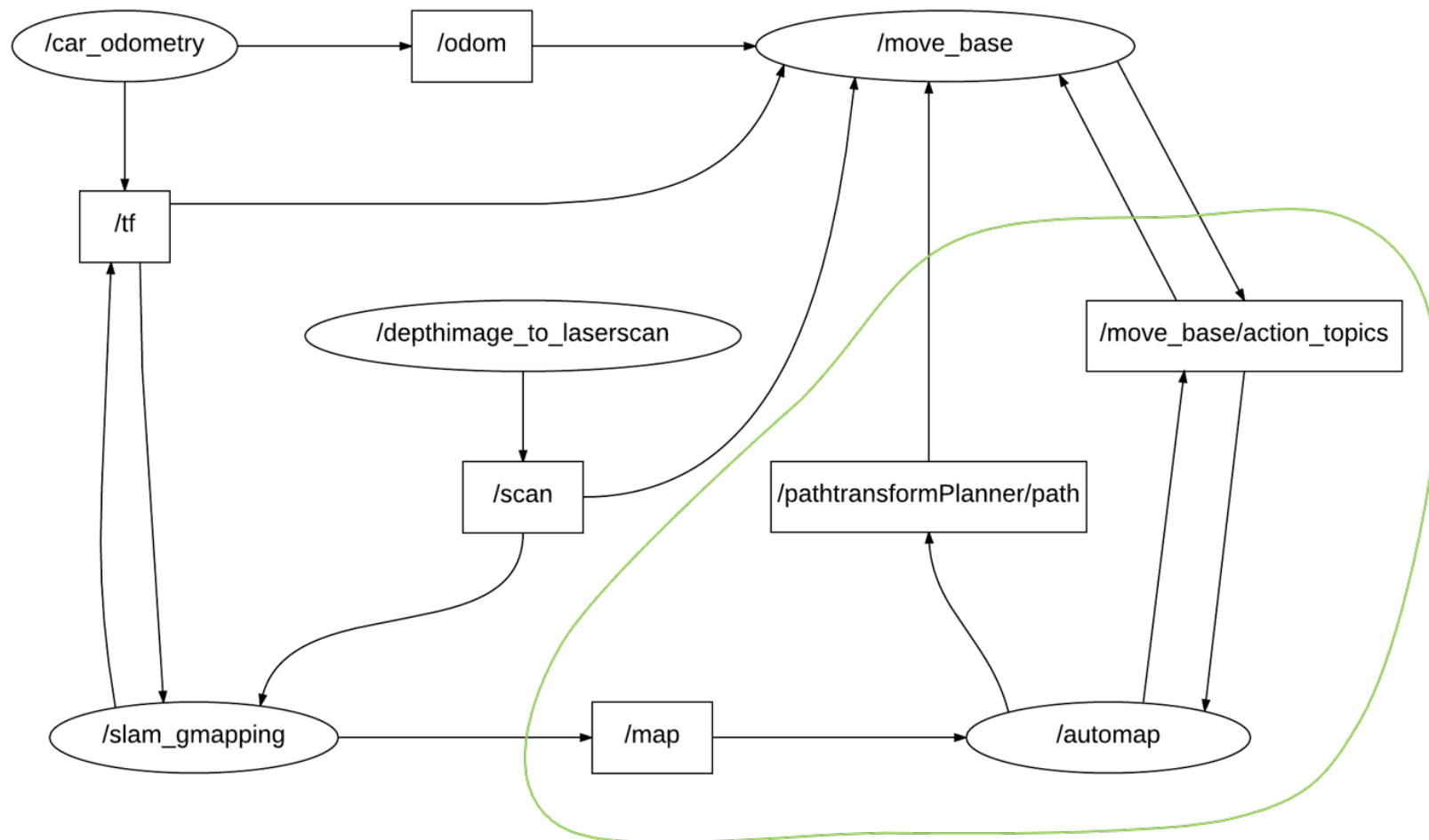


- Laser-based **SLAM** (**S**imultaneous **L**ocalization **a**nd **M**apping)
 - Frontier Detection
 - Path-Transform Algorithmus (welches ist der kostengünstigste Pfad?)
 - ROS SimpleActionClient
- Global/Local Planner
- ROS SimpleActionServer (feedback → Client)

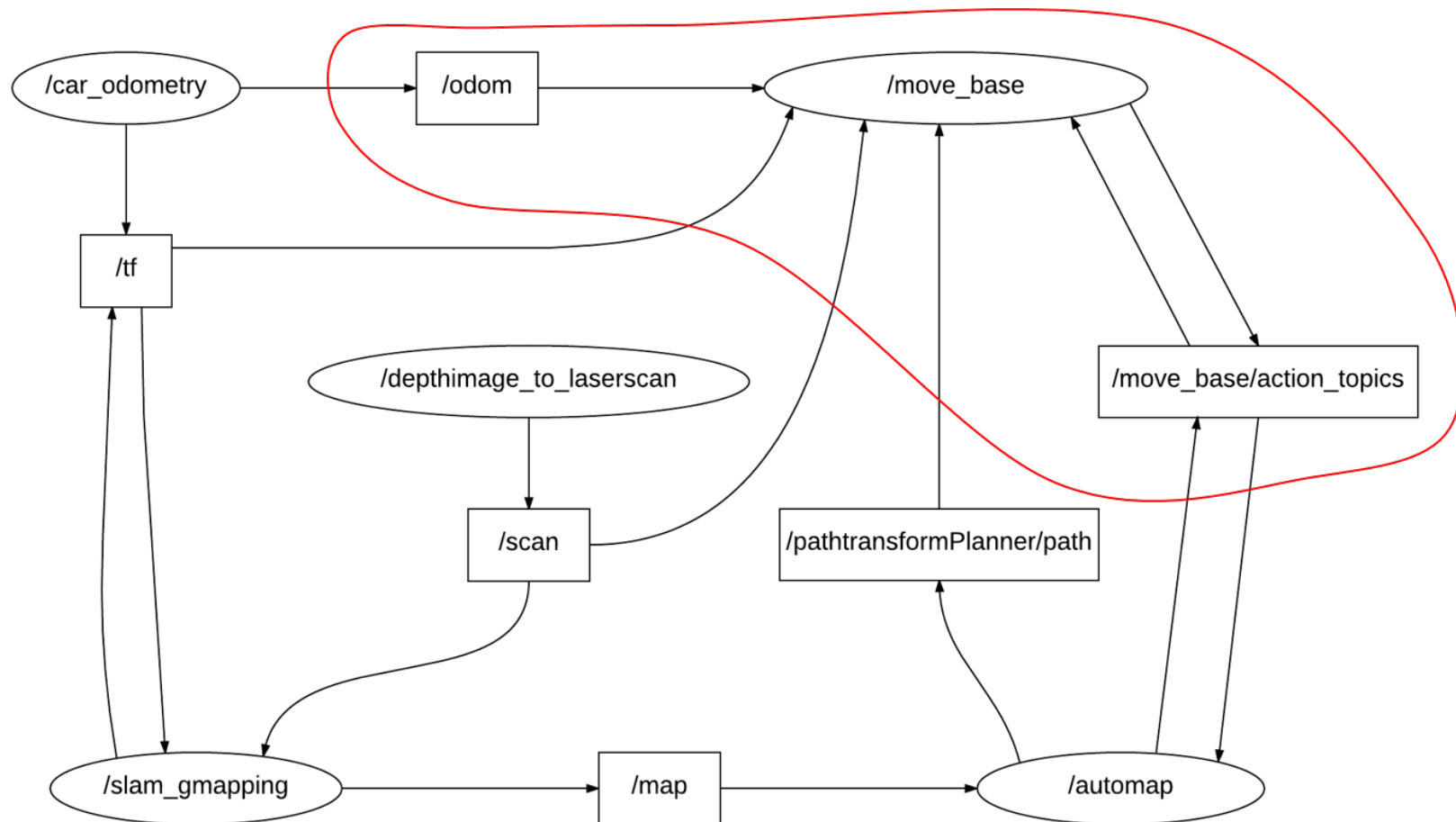
Autonomes Erkunden – ROS Graph



Autonomes Erkunden – ROS Graph



Autonomes Erkunden – ROS Graph



- Stabile Hardwareplattform

- Verbesserungsvorschläge:
 - Zweiter Hall-Sensor
 - Bessere Batterie

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

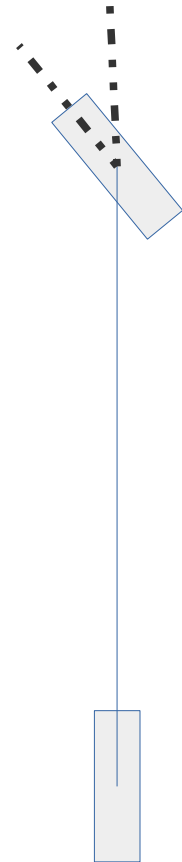
Anhang

Ackermannmodell

$$\begin{bmatrix} \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & v \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v \cdot \frac{l_H}{l} \\ \frac{v}{l} \end{bmatrix} \delta$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ \theta \end{bmatrix}$$

$$G(s) = \frac{v \cdot l_H}{l} \cdot \frac{\frac{v}{l} + s}{s^2}$$



Extended Kalman Filter

