

Trajektorienscharverfahren zur automatisierten Kollisionsvermeidung von Kraftfahrzeugen

Motivation

Der Mensch, als Fahrzeugführer, ist vielfach in kritischen Verkehrsszenarien nicht in der Lage das Fahrzeug stabil und sicher zu führen wie zum Beispiel beim Ausweichen eines Hindernisses. Um politische Ziele, wie beispielsweise die Reduktion der Verkehrstoten, zu erreichen, muss der Fahrer bei der Fahrzeugführung im fahrphysikalischen Grenzbereich unterstützt und in seiner Verantwortung entlastet werden.

Ansatz - Vorgehen

Zur Kollisionsvermeidung werden mithilfe eines Fahrdynamikmodells Trajektorien berechnet. Dazu werden jeweils die Stellgrößen u für jede mögliche Kombination über einen Prädiktionshorizont t_p konstant gehalten. Die durch dieses Vorgehen erhaltenen Trajektorien werden auf Kollisionsfreiheit überprüft. Aus den Kollisionsfreien wird diejenige ausgewählt, welche die geringsten fahrdynamischen Größen aufweist.

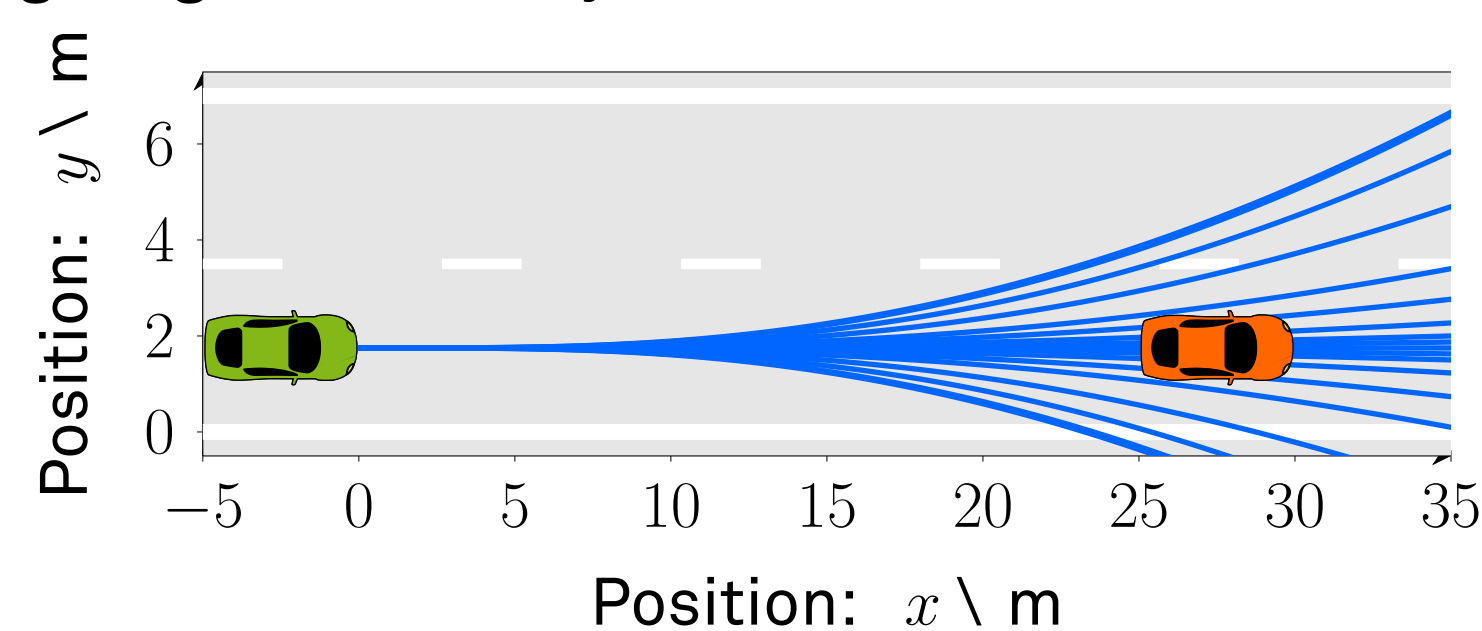


Figure 1: Trajektorien entstehend bei einer Variation des Lenkwinkels

Als Stellgrößen bieten sich in einem ersten Schritt der Lenkwinkel und die Fahrzeugverzögerung an, wobei für eine Verbesserung zudem radselektives Bremsen, eine Hinterachslenkung und Torque Vectoring in einer Simulation betrachtet werden. Diese Betrachtung ermöglicht das maximale Potential zur Kollisionsvermeidung des Fahrzeuges zu evaluieren.

Ausblick auf weitere Arbeiten

Verwendung der geregelte Fahrdynamik als Prädiktionsmodell

Der Rechenaufwand steigt mit wachsender Anzahl an Eingangsgrößen stark an, durch die hohe Anzahl der möglichen Kombinationen. Aus diesem Grund soll ein unterlagertes Fahrdynamik Reglersystem ausgelegt werden, dessen geschlossenes Regelkreisverhalten zur Generierung eines Prädiktionsmodells möglichst einfach zu modellieren ist. Dieses getrennte Reglersystem ist realisierbar, da die Position und Orientierung unabhängig von der Fahrdynamik zu berechnen ist. Die zu regelnden Größen sind die Gierrate $\dot{\psi}$ und die Geschwindigkeit v . Die Stellgrößen ergeben sich aus der gewählten Aktuator Konfiguration.

Auslösekriterium

Zur Auslösung eines autonomen Kollisionsvermeidungsmanövers soll ein geeignetes Kriterium definiert werden. Dieses Maß muss sowohl den aktuellen Zustand des eigenen Fahrzeuges als auch die Umgebung berücksichtigen. Dazu soll zunächst eine geeignete Beschreibung der Kritikalität einer Situation gefunden werden. Entscheidend beeinflusst wird eine kritische Konstellation durch den Abstand zu dem Hindernis d_o dem freien Raum w_f der Ausrichtung des Fahrzeuges zu Straßenlängsrichtung ψ und der Differenzgeschwindigkeit v_{diff} .

Zielsetzung

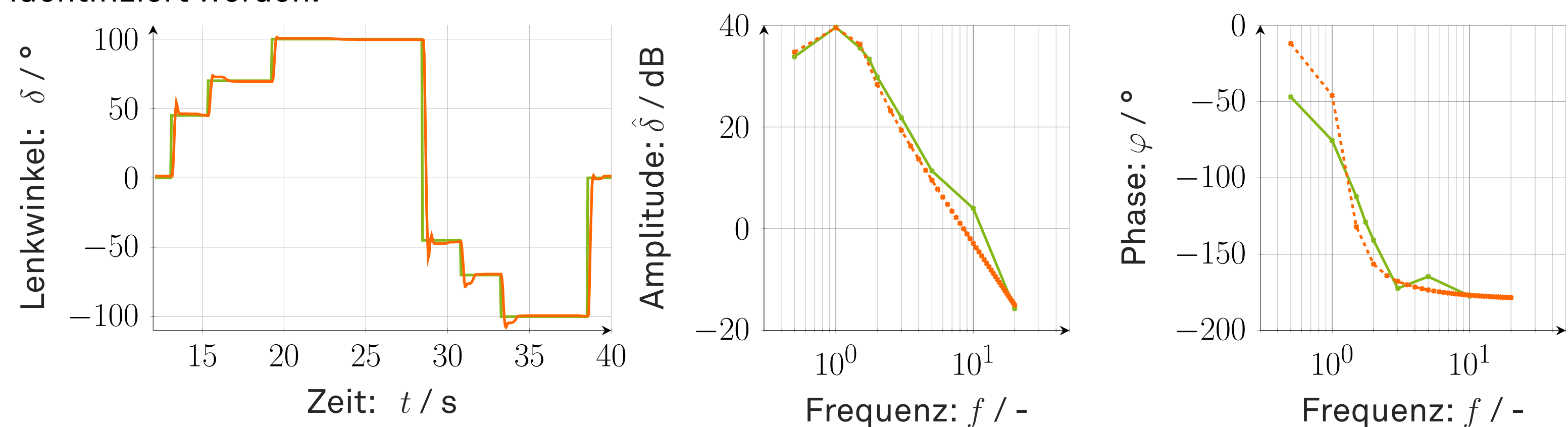
Zur Vermeidung von Kollisionen soll das Potential des Fahrzeuges möglichst vollständig ausgenutzt werden. Dazu müssen sowohl Brems- als auch Lenkeingriffe durchgeführt werden. Durch die Kopplung der Quer- und Längsdynamik des Fahrzeuges, welche sich insbesondere in hochdynamischen Manövern auswirkt, ist die Verwendung eines modellprädiktiven Ansatzes, welcher auf ein Fahrdynamikmodell beruht, sinnvoll.



Regler und Modellierung

Für die Fahrdynamikmodellierung bietet sich das nichtlineare Einspurmodell nach Rieker und Schunck an. Dieses wird durch die Verwendung des Magic Formula Reifenmodells von Pacejka erweitert. Zudem muss das Verhalten des Lenkradwinkelregelkreises und der Fahrzeugverzögerung modelliert und zu dem Prädiktionsmodell hinzugefügt werden.

Zur Auslegung des Lenkradwinkelreglers sind im Fahrzeug Messungen von Sinusschwingungen, Sinussweeps und Sprüngen des Lenkmoments eingefahren worden. Mithilfe von Korrelationsanalysen und der orthogonalen Korrelationen konnte für Geschwindigkeiten größer 30 km/h ein Verzögerungsglied zweiter Ordnung (PT2) als generelles Systemverhalten festgestellt werden. Die Systemparameter des PT2 können in Abhängigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Amplitude des Drehmomentes aus den Sprüngen identifiziert werden.



Anhand des Modells ist ein PID Regler mit Gain Scheduling und einer Vorsteuerung und ein Zustandsregler mittels exakter Linearisierung ausgelegt. Für geringe Geschwindigkeiten, in denen ein PT2 das Systemverhalten nur ungenügend widerspiegelt, kann ein Regler nach der exakten Linearisierung des Streckenmodells die Sollwertvorgabe nicht schwingungsfrei und mit einer ausreichend kleinen stationären Abweichung ausregeln.

Der PID Regler mit Vorsteuerung ist in der Lage dem geforderten Sollgrößenverlauf mit einer geringen Abweichung zu folgen. In einem Bereich von 2° um den geforderten Sollwert kommt es zu starken Reibungseffekten durch die Haftreibung.

