

---

# Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Längspositionsregelung eines automatisierten Fahrzeugs. Im Fokus steht dabei der Anwendungsfall eines autonomen Taxis. In Praxis und Literatur wird die Längspositionstreue eines automatisiert agierenden Fahrzeugs häufig vernachlässigt oder über eine reine Geschwindigkeitsregelung umgesetzt. Damit eine direkte Positionsregelung ohne Neuplanung eines Geschwindigkeitsprofils umgesetzt werden kann und um unterlagerte Systemdynamiken und Regelungen zu berücksichtigen, wird in dieser Arbeit eine überlagerte modellprädiktive Positionsregelung betrachtet.

Die modellprädiktive Regelung basiert auf einem Modell, das für die Vorhersage des Fahrzeugverhaltens genutzt wird. Dieses Modell wird in Rahmen einer Optimierung genutzt, um künftige Stellgrößen zu bestimmen. Aufgabe des Modells ist es, das Fahrzeugverhalten inklusive unterlagerter Systeme und Regelungen möglichst exakt abzubilden. Dabei darf es jedoch nicht zu rechenintensiv sein. Aufgrund ihrer hohen Modellgenauigkeit und geringen rechnerischen Komplexität werden daher in dieser Arbeit neuronale Netze im Rahmen eines Hammerstein-Modells für die Modellbildung herangezogen.

Dafür werden zunächst geeignete Fahrzeugsignale als Modelleingang sowie die Netzstruktur bestimmt. Es wird deutlich, dass nur wenige Signale benötigt werden, um ein gutes Prädiktionsergebnis zu erreichen. Der Vergleich mit herkömmlichen Modellierungsansätzen zeigt die sehr gute Modellgenauigkeit des Netzes. Gleichzeitig wird ein starker Fortpflanzungsfehler bei der Prädiktion über mehrere Zeitschritte deutlich. Durch Verwendung mehrerer neuronaler Netze oder eines Netzes mit mehreren Ausgängen kann dieser Fortpflanzungsfehler verringert werden. Die Nutzung des entsprechenden Multimodell-Ansatzes ist dabei flexibler und wird im Rahmen der modellprädiktiven Regelung erläutert. Um eine schnelle Optimierung zu ermöglichen, wird die Berechnung des Gradienten für das Hammerstein-Modell hergeleitet.

Die entworfene Regelung wird anhand sechs verschiedener Fahrszenarien simulativ untersucht und mit einer adaptiven linearen Regelung sowie einer prädiktiven Regelung mit physikalischem Modell verglichen. Aufgrund der unabhängigen Modellierung der Multimodelle schneidet der Ansatz bei lediglich zwei der Szenarien als komfortabelste Regelung ab. Vorteilhaft zeigt sich hingegen der prädiktive Charakter der neuronalen Regelung sowie die hohe Modellgenauigkeit, was im Vergleich in vier von sechs Szenarien zu der geringsten Positionsabweichung führt. Die Multimodell-Regelung bietet damit für die automobilen Positionsregelung eine datengetriebene Alternative zu herkömmlichen Ansätzen, bei der nur wenige Parameter bekannt sein müssen.

---

# Abstract

Within this thesis a direct longitudinal position control of an automated vehicle is investigated. The considered use case is an autonomous taxi. In literature and practical applications, longitudinal position accuracy of an automated vehicle is often neglected or tackled by a velocity control concept. These approaches require fast replanning of a velocity profile in case of position deviation. This needs to be done in addition to standard trajectory planning. To achieve a direct position control without replanning of a velocity profile and to cope with underlying system dynamics, a high-level model predictive control is introduced in this work.

The model predictive control approach uses a model to predict the future vehicle behavior. This model is used within an optimization routine to compute future control outputs. Since the control output is directly dependent on the model, the latter must represent the vehicle behavior as good as possible, including underlying system dynamics and controls. Due to the computational effort of the optimization, the prediction model should not be too computationally expensive. To meet those requirements, neural networks within a Hammerstein structure are considered in this work.

As a first step, suitable signals available from vehicle measurements as well as the network structure are determined. This results in a comparatively small network. A comparison with state of the art modelling approaches shows the excellent accuracy of the neural model, but reveals that the model is prone to error propagation when predicting several timesteps. Using a multimodel approach or a network with one output for each prediction step can prevent error propagation. The more flexible multimodel approach is integrated in the model predictive control scheme. To allow a fast implementation, gradients of the multimodel approach are derived for the Hammerstein model.

The introduced control is evaluated in six driving scenarios through simulation. In addition, the nonlinear neural multimodel control is compared to an adaptive linear control and a nonlinear model predictive control based on a physical model. Due to the independent models of the multimodel approach, the control performs as the most comfortable control for only two out of six scenarios. The predictive character as well as the high prediction accuracy however result in the lowest position deviation in four out of six scenarios. The multimodel predictive control therefore can be considered as a valuable, data-driven alternative for automotive longitudinal position control, which requires less knowledge of vehicle parameters.