Angewandte Regelungstechnik

Felix Steinmetz, Mario Klostermeier, Julius Hermann

February 18, 2022

Contents

1 Dynamik

In diesem Teil geht es um die erste Aufgabe. Ziel ist die Bestimmung der Dynamik der Fahrzeuge und darauf aufbauend die Zustandsraumdarstellung. Anschließend sollen die relevanten Parameter identifiziert werden, wobei die Masse der Fahrzeuge mit $m = 1.465\text{kg}$ gegeben ist. Zunächst wurde ein Freikörperbild für das betrachtete Auto erstellt, analog zum vereinfachten

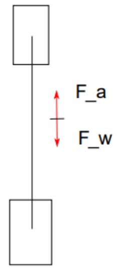

Figure 1.1: Freikörperbild eines Einspurmodells für das Fahrzeug.

Einspurmodell [1] eines Fahrzeugs. Als Kräfte wirken lediglich die Antriebskraft F_a die später als Eingangsgröße betrachtet wird, sowie die Widerstandskraft F_w. In der Widerstandskraft F_w sind dabei alle Widerstände (Reibung, Trägheit, etc.) zusammengefasst. Dadurch ergibt sich folgende Bewegungsgleichung für ein einzelnes Auto im Zeitbereich:

$$\sum F = m\frac{\mathrm{d}^2 x}{\mathrm{d}t^2} = F_A - F_W = -k_w \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} + k_a \cdot u(t)$$

Die Konstanten k_a und k_w beinhalten dabei jeweils die Parameter für den Antrieb, sowie die Dämpfung des Systems und müssen später genau bestimmt werden. Für Frequenzbereich ergibt sich nun:

$$X(s) \cdot (m \cdot s^2 + k_w \cdot s) = U(s) \cdot k_a$$
$$G(s) = \frac{X(s)}{U(s)} = \frac{\frac{k_a}{k_w}}{\frac{m}{k_w} \cdot s^2 + s}$$

Die Übertragungsfunktion ähnelt dabei einem PT1 Glied, wodurch die unbekannten Parameter k_a und k_w durch das Tankentenverfahren bestimmt werden können. Das Verfahren ist im matlab live Skript *Uebertragungsfunktion_test.mlx* zu sehen. Schlussendlich haben wir für die Parameter die folgenden Werte erhalten.

$$k_w^{\text{bestimmt}} = 7.0886$$
$$k_a^{\text{bestimmt}} = 0.0315$$

Danach wurden uns die folgenden idealen Werte vorgegeben, mit denen wir auch weiter unsere Regelung gebildet haben:

$$k_w = k_w^{\text{ideal}} = 7.178$$
$$k_a = k_a^{\text{ideal}} = 1.603$$

[1] `https://de.wikipedia.org/wiki/Einspurmodell`

Anschließend wurde die oben hergeleitete DGL, welche die Dynamik des Systems beschreibt in eine Zustandsraumdarstellung gebracht:

$$
\begin{aligned}
\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x \\ \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} \frac{\mathrm{d}x_1}{\mathrm{d}t} \\ \frac{\mathrm{d}x_2}{\mathrm{d}t} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x_2 \\ \frac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2} \end{bmatrix} \\
\begin{bmatrix} \frac{\mathrm{d}x_1}{\mathrm{d}t} \\ \frac{\mathrm{d}x_2}{\mathrm{d}t} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{k_w}{m} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{k_a}{m} \end{bmatrix} u \\
\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}
\end{aligned}
$$

2 Lenkregelung

In diesem Abschnitt wird die Lenkregelung des Systems betrachtet (Aufgabe 2). Da beide Fahrzeuge mit den gleichen Sensoren ausgestattet sind, ist die Regelung für beide Fahrzeuge gleich und es wird lediglich ein Fahrzeug betrachtet. Ziel war die Regelung mit einem PID-Regler, wobei der PID-Regler Block von Simulink nicht verwendet werden durfte. In einem

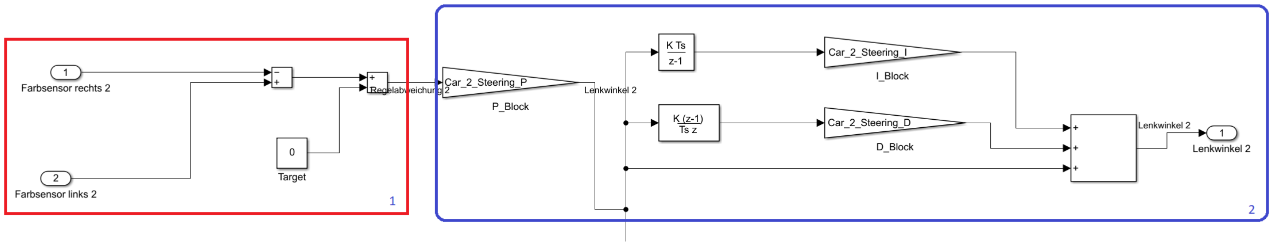

Figure 2.1: Übersicht der Lenkregelung beider Fahrzeuge. Beinhaltet die Generierung der Stellgröße (1) sowie den PID-Regler (2).

ersten Schritt haben wir uns die Eingangsgröße für den Regler überlegt. Da zwei Farbsensoren vorhanden sind (jeweils rechts und links), müssen diese so verrechnet werden, dass lediglich ein zusammengefasstes Signal vorhanden ist.

Der Sensor gibt durchgehend einen positiven Wert zurück, allerdings ist der Wert geringer, je mehr schwarz erkannt wird. Somit verringert sich der Wert des linken Sensors bei der Einfahrt in eine Linkskurve, der Wert des rechten Sensors erhöht sich dabei da weniger bzw. analog mehr Licht reflektiert wird. Bei einer perfekten Geräteausfahrt sind die Werte beider Sensoren gleich ($c_{\text{links}} = c_{\text{rechts}} = 50$). Um beide Werte zu verschmelzen, werden die Werte einfach subtrahiert:

$$c = c_{\text{links}} - c_{\text{rechts}}$$

Für die Geräteausfahrt wird die Stellgröße c dementsprechend 0, da beide Sensoren den gleiche Wert annehmen. Dies ist gleichzeitig auch das Regelziel für den PID-Regler. Durch die Subtraktion der beiden Werte wird die Stellgröße stark negativ für eine Linkskurve (c_{links} wird kleiner und c_{rechts} wird größer). Bei einer Rechtskurve wäre dies genau umgekehrt, jedoch kommt dies nicht in unserem Modell vor. In Abbildung 2.1 ist dieser Teil mit (1) markiert. Der Target Block wird dabei genutzt um die Regelabweichung zu berechnen. Benötigt wird er eigentlich nicht, da das Regelziel $c = 0$ ist.

Im zweiten Schritt wurde dann ein PID-Regler in Simulink implementiert. Die jeweiligen Parameter k_P, k_I und k_D sind in den jeweiligen Gain Blöcken in Simulink (Car_2_Steering_P etc.). Durch ausprobieren sind wir auf die folgenden idealen Werte für den PID-Regler gekommen:

$$k_P = 1$$
$$k_I = 0$$
$$k_D = 0$$