Prof. G. Reißig
Seminarübungen-Dozent: Victor C. Chaim
E–Mail: victor.chaim@unibw.de

Universität der Bundeswehr München
Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik
Inst. f. Steuer- und Regelungstechnik (LRT-15)
85577 Neubiberg

Steuer- und Regelungstechnik, WT 2022

3 Übungen, 31.01.2022

Die Aufgaben 3.4, 3.5 und 3.6 sind Probeklausuraufgaben. Die Aufgaben 3.4 und 3.5 wären typisch für den ersten Teil der Klausur; Sie sollten sie also lösen, ohne Hilfsmittel zu benutzen. Aufgabe 3.6 wäre typisch für den zweiten Teil der Klausur, in dem Hilfsmittel zugelassen sind.

Die Zeit, die in einer Klausur für die einzelnen Aufgaben vorgesehen wäre, berechnet sich so: Punktzahl mal 1min15sec (Teil 1) bzw. Punkzahl mal 1min40sec (Teil 2). Sie können Ihre Lösungen entweder per Email an V. Chaim (`victor.chaim@unibw.de`) bis Freitag, 4.2., 7Uhr, senden, oder sie am Donnerstag zu üblichen Arbeitszeiten in einer Box vor dem Büro 41/2315 ablegen. Zum Verfahren siehe auch die Vorlesung vom 25.1.

3.1 Aufgabe. Gegeben seien die Matrizen A und B durch

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Berechnen Sie $\exp(At)$, $\exp(Bt)$ und $\exp((A+B)t)$. Gilt hier $\exp(A+B) = \exp(A)\exp(B)$? □

3.2 Aufgabe. Berechnen Sie die Lösung für das Zustandssystem $\dot{x} = x + u$, das den skalaren Fall darstellt, mit der Anfangsbedingung $x_0 = -1$ und der folgenden stückweise linearen Funktion für den Eingang $u(t)$, wobei $t \in \mathbb{R}$:

$$u(t) = \begin{cases} t & \text{falls } 0 \leq t \leq 1 \\ -2t & \text{falls } 1 < t \leq 2 \\ 0 & \text{andernfalls.} \end{cases}$$

□

3.3 Aufgabe. Betrachten Sie das folgende Zustandssystem

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= x_1(t) + x_2(t) \\ \dot{x}_2(t) &= u(t) \end{aligned} \quad , \qquad u(t) = \begin{cases} t & \text{falls } 0 \leq t \leq 1 \\ -2t & \text{falls } 1 < t \leq 2 \\ 0 & \text{andernfalls} \end{cases}$$

wobei der Eingang $u(t)$ eine stückweise lineare Funktion ist und $t \in \mathbb{R}$. Berechnen Sie die Lösung des Systems unter der Annahme, dass die Anfangsbedingungen $x_1(0) = 0$ und $x_2(0) = 1$ sind. □

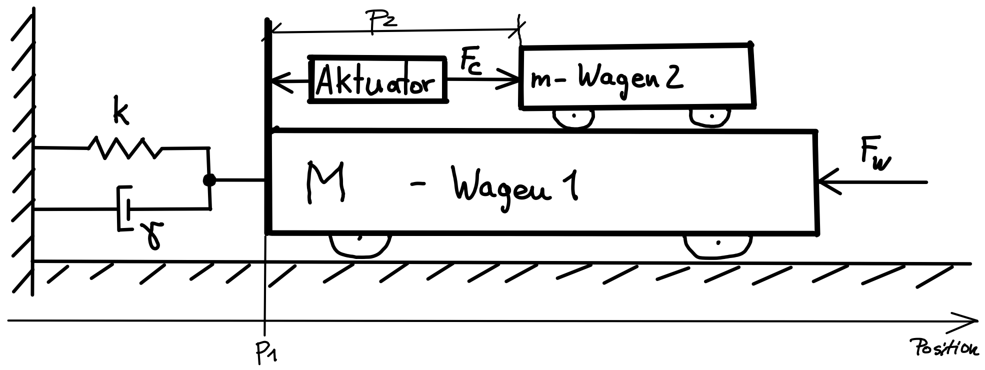
3.4 Aufgabe. [1 Punkt] Gegeben sei die Funktion $f\colon \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ durch $f(t) = t^2 + 2t$.
Geben Sie die Linearisierung der Funktion f an der Stelle 3 an. □

3.5 Aufgabe. [1 Punkt] Die Abbildung φ bezeichne das allgemeine Zustandssignal des Zustandssystems

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu, \\ y &= Cx + Du. \end{aligned}$$

Diese Abbildung hat die drei Argumente Zeit, Anfangswert und Eingangssignal.
Geben Sie die Eigenschaft von φ an, die im Satz über die Linearität behauptet wird. Formulieren Sie vollständig aus. □

3.6 Aufgabe. [12 Punkte] Gegeben ist ein mechanisches System bestehend aus zwei Wagen der Massen M und m und einer Feder mit der Federkonstanten k. Die Bewegung von Wagen 1, dessen Position mit p_1 bezeichnet wird, ist reibungsbehaftet; der Koeffizient der viskosen Reibung ist γ. Auf diesen Wagen wirkt außerdem eine externe Kraft F_W. Wagen 2 bewegt sich auf Wagen 1 reibungsfrei unter der Kraft F_C, die relativ zum Wagen 1 wirkt. Die Position des Wagens 2 relativ zu der des Wagens 1 wird mit p_2 bezeichnet. Die Parameter M, m, k und γ sind sämtlich positiv.



Beschreiben Sie das mechanische System durch ein Zustandssystem

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu, \\ y &= Cx + Du, \end{aligned}$$

indem Sie die Matrizen A, B, C und D angeben. Nehmen Sie dabei an, daß $x = (p_1, v_1, p_2, v_2)$, v_i die Geschwindigkeit des Wagens i bezeichnet, das Paar (F_C, F_W) als Eingangssignal wirkt, und der Ausgang die Position des Wagens 1 liefert. □