

NAME	
VORNAME	
MATRIKEL-NR.	

### Aufgabe 1

(je 2 Punkte)

- a) Wozu dient die Regelungstechnik, das heißt die Rückführung technischer Größen auf den Eingang technischer Prozesse?
- b) Was ist die Grundidee technischer Regelungen?
- c) Wozu dient die theoretische (oder auch analytische) Modellbildung?
- d) Geben Sie die grafische Darstellung dreier typischer Signale der Systemdynamik sowie deren Benennung an. Geben Sie zusätzlich die Benennung der zugehörigen Ausgangsgrößen bei höchstens zwei von ihnen an, sofern die Benennung entsprechend dem Charakter des Eingangssignales standardisiert ist.
- e) Was ist eine Übertragungsfunktion und wie wird sie typischerweise dargestellt?

---

**Aufgabe 2**

(je 2 Punkte)

- a) Was ist der Zeitbereich, was ist der Frequenz-(oder auch Bild-)bereich und wie werden die entsprechenden Größen dargestellt (in Abhängigkeit von welcher Variablen)?
- b) Was ist die Stabilität eines Übertragungssystems? Nennen Sie zwei Methoden zur mathematischen Bestimmung des Stabilitätsverhaltens.
- c) Was ist die Stabilität eines Regelungssystems? Kennzeichnen Sie zusätzlich den Unterschied zur Stabilität eines Übertragungssystems (vgl. Frage 2b). Nennen Sie zwei Methoden zur grafischen/mathematischen Prüfung der Stabilität.
- d) Ein Übertragungssystem weise ein  $PIDT_1$ -Übertragungsverhalten auf. Geben Sie die das Übertragungsverhalten beschreibende Differenzialgleichung an und kennzeichnen Sie die einzelnen Parameter.
- e) Ein Regler weise ein  $PIDT_1$ -Übertragungsverhalten auf. Geben Sie die das Übertragungsverhalten beschreibende Übertragungsfunktion an und kennzeichnen Sie die einzelnen Parameter.

**Aufgabe 3**

(je 2 Punkte)

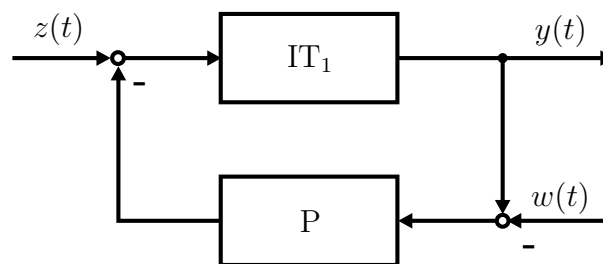
- a) Das Übertragungsverhalten innerhalb der Mensch-Fahrzeug-Interaktion lässt sich mit dem sog. Schnittfrequenzmodell als

$$G_{\text{Mensch}}G_{\text{System}} = \frac{\omega_c}{j\omega} e^{-\omega\tau_e}$$

mit  $\omega_c$  als Durchtrittsfrequenz beschreiben. Welche Bedeutung hat hierbei anschaulich gesprochen der Parameter  $\tau_e$ ?

- b) Ein Übertragungselement mit rein proportionalem Übertragungsverhalten wird mit einem Übertragungselement mit rein integralem Übertragungsverhalten mit negativer Rückkopplung geregelt. Welchen Charakter haben die Führungs- und Störungsübertragungsfunktionen?

- c) Gegeben sei das Regelungssystem in Abb. 3.1:



**Abbildung 3.1:** Regelungssystem

Berechnen Sie unter Nutzung des Grenzwertsatzes die bleibende Abweichung für sprungförmige Führungs- sowie für sprungförmige Störgrößen?

- d) Einem Übertragungssystem mit  $PT_2$ -Verhalten (Parameter  $K_P, T_1, T_2$ ), sei ein Übertragungssystem mit  $IT_1$ - (Parameter  $T_1, T_3$ ) nachgeschaltet (die Systeme sind in Reihe geschaltet). Beide Systeme sind einzeln stabil. Welche Aussagen können Sie ggf. zur Stabilität des Gesamtsystems treffen, bzw. welche Methoden müssten Sie für die Parameter ( $K_P = 1, T_1 = 2 \text{ s}, T_2 = 3 \text{ s}, T_3 = 4 \text{ s}$  und  $T_1 = 123, 45 \text{ s}$ ) anwenden?
- e) Gegeben sei das nachfolgende in Zustandsraumform angegebene System. Geben Sie die zugehörige Eingrößenschreibweise an (eine skalare Gleichung).

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ \frac{-k+k_F}{m} & \frac{-d_1+d_2}{m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{m} \end{bmatrix} \dot{u}$$

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

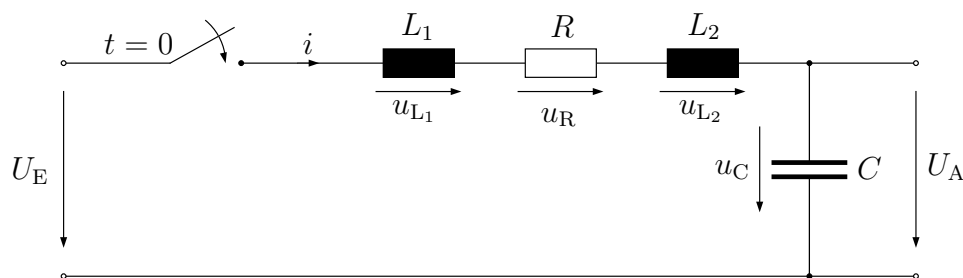
**Aufgabe 4**

(15 Punkte)

Das in Abbildung 4.1 dargestellte energiefreie Netzwerk wird zum Zeitpunkt  $t = 0$  über einen Schalter mit einer Gleichspannungsquelle verbunden. Die am Kondensator anliegende Spannung werde als Ausgangsgröße aufgefasst.

Allgemein gilt

$$u_R = Ri, \quad u_C = \frac{1}{C} \int i dt, \quad u_L = L \frac{di}{dt} \quad \text{und} \quad U_E - u_{L_1} - u_R - u_{L_2} - u_C = 0.$$



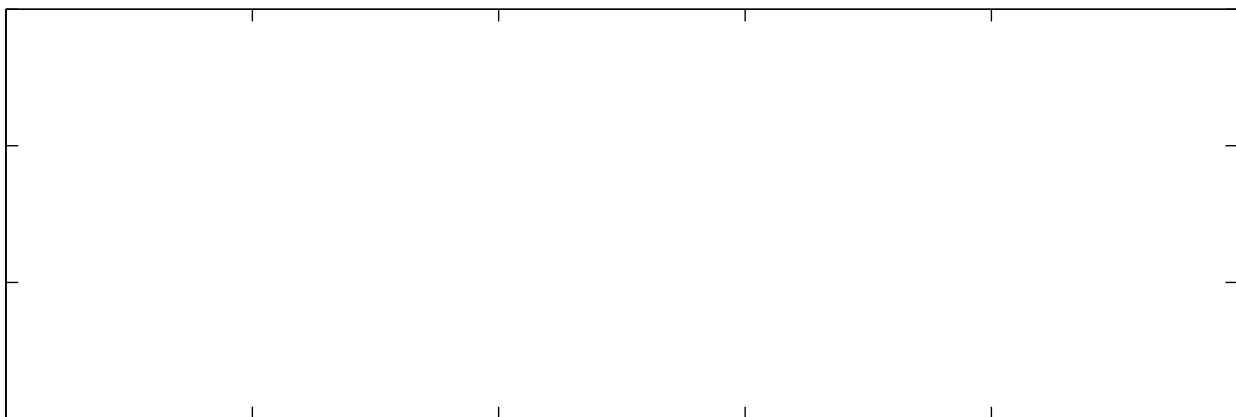
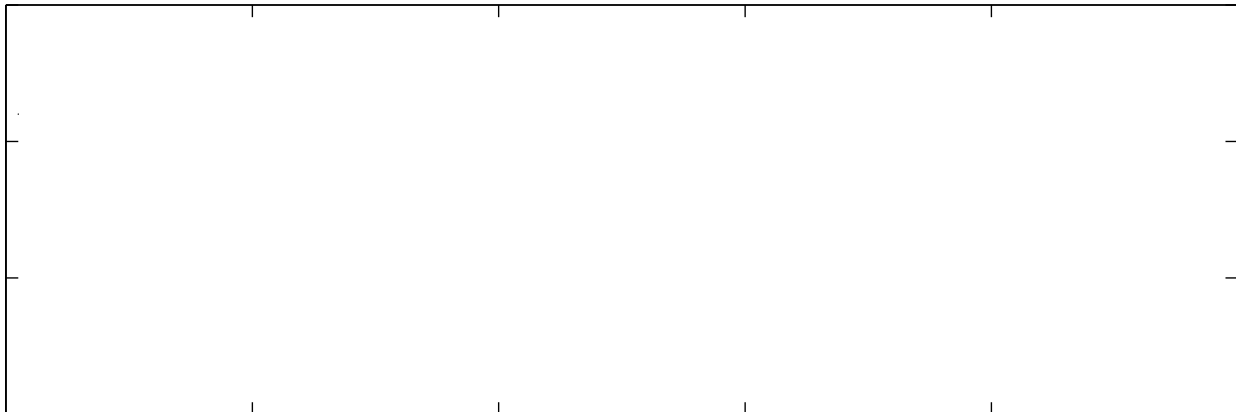
**Abbildung 4.1:** Elektrisches Netzwerk

- Stellen Sie die Differenzialgleichung  $U_A = f(U_E, C, L_1, L_2, R)$  für das in Abbildung 4.1 dargestellte elektrische Netzwerk auf.
- Es wird im Folgenden ein  $PT_2$ -Systemverhalten für das Netzwerk angenommen. Geben Sie die Eckfrequenz  $\omega_0$  und die Dämpfung  $D$  für ein solches Übertragungselement als Funktionen der Bauteilkenngrößen  $C$ ,  $L_1$ ,  $L_2$  und  $R$  sowie den Frequenzgang  $G(j\omega) = \text{Re}\{G(j\omega)\} + j \text{Im}\{G(j\omega)\}$  an.

Gehen Sie für die nachfolgende Rechnung von folgenden Werten aus:

$$D = 0,3, \quad \omega_0 = 30 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad \text{und} \quad K = 1.$$

- Zeichnen Sie die Ortskurve des Systems und tragen Sie die Verstärkung, die Achsenbeschriftungen, die Richtung steigender Kreisfrequenz und die Eigenfrequenz des ungedämpften Systems ein.
- Tragen Sie in die Abbildung 4.2 auf Seite 5 die Achsenbeschriftungen ein und zeichnen Sie qualitativ das entsprechende Bode-Diagramm (Asymptoten, Eckfrequenz).

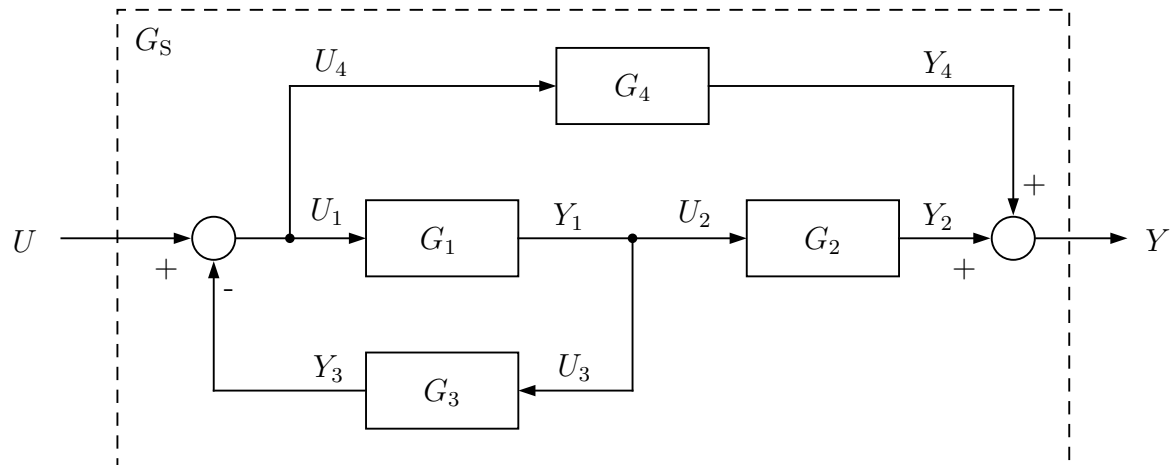


**Abbildung 4.2:** Bode-Diagramm eines PT<sub>2</sub>-Elementes

**Aufgabe 5**

(15 Punkte)

Gegeben ist das folgende Blockschaltbild:

**Abbildung 5.1:** Blockschaltbild der Strecke

- a) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion  $G_S = \frac{Y(s)}{U(s)}$  als Funktion der Blöcke  $G_i$ .
- b) Das Übertragungsverhalten der Übertragungselemente  $G_i(s)$  sei

$$G_1(s) = K, \quad G_2(s) = \frac{1}{s-3}, \quad G_3(s) = s(s+4)^2 \quad \text{und} \quad G_4(s) = 0 \quad .$$

Geben Sie die Übertragungsfunktion  $G_S(s)$  an.

Für den Regelkreis mit negativer Rückkopplung wird ein PD-Regler  $G_R(s) = s - 3$  verwendet. Wie lautet die Übertragungsfunktion des offenen und des geschlossenen Regelkreises?

- c) Gegeben sei das System

$$\frac{d^4 y}{dt^4} + 11 \frac{d^3 y}{dt^3} + 29 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} + Ky = \frac{d^2 u}{dt^2} + 4 \frac{du}{dt} - 5u \quad .$$

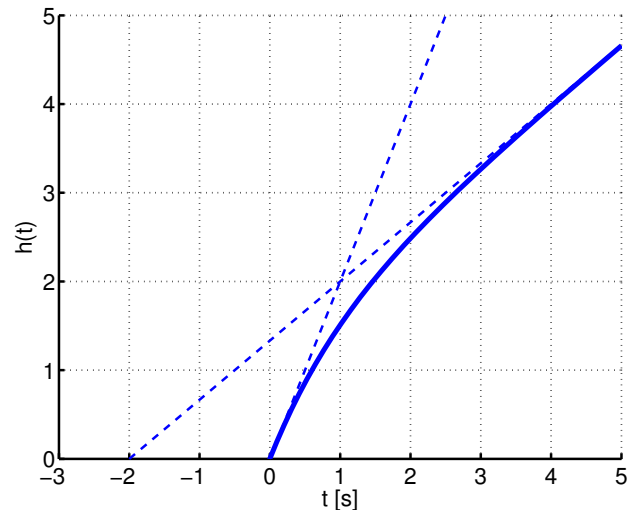
Stellen Sie die Übertragungsfunktion  $G(s)$  des Systems auf.

Für welche Werte für  $K$  ist das System zustandsstabil? Ist das System dann auch E/A-stabil (E/A-stabil = BIBO-stabil)? Begründen Sie jeweils Ihre Antwort.

**Aufgabe 6**

(40 Punkte)

Zu untersuchen ist der neuartige Antrieb eines ferngelenkten Fahrzeuges. Aus der gemessenen Sprungantwort (Abb. 6.1) soll ein mathematisches Modell ermittelt und untersucht werden.

**Abbildung 6.1:** Übergangsfunktion (Sprungantwort)

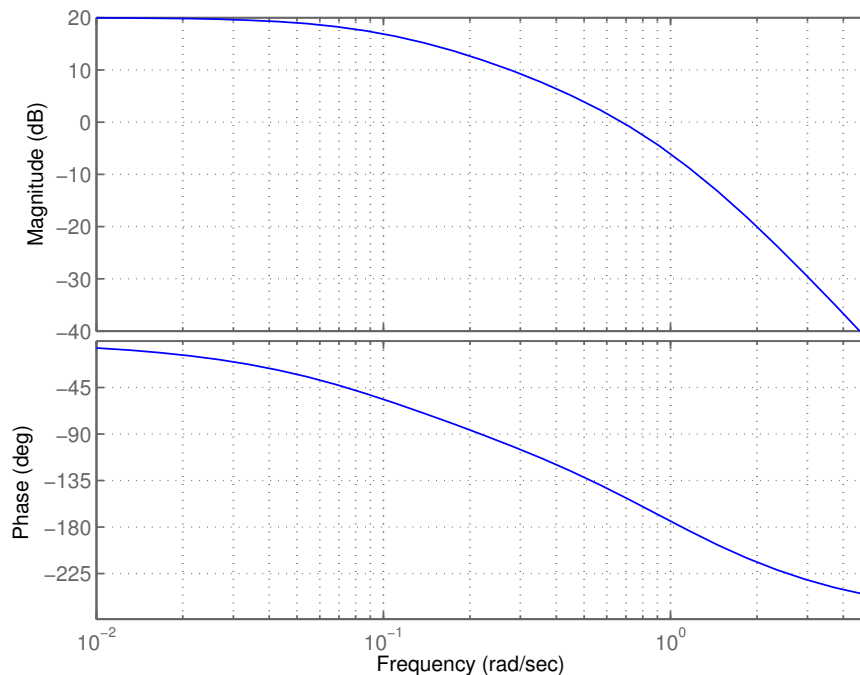
- Bestimmen Sie aus der Sprungantwort (siehe Abb. 6.1) die beschreibende Differenzialgleichung sowie die Übertragungsfunktion und benennen Sie das Systemverhalten.
- Bestimmen Sie die Zustandsraumdarstellung des Systems.
- Ist das System BIBO stabil? (Begründung erforderlich)

Der Antrieb wird durch einen Regler in Gegenkopplung geregelt. Nehmen Sie im folgenden für das geregelte System die Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{10}{(1 + 10s)(s^2 + 2s + 1)}$$

an.

- Klassifizieren Sie das System und zeichnen Sie qualitativ sowohl die Sprungantwort als auch die Ortskurve.
- Das gemessene Bodediagramm des geregelten Systems ist in Abb. 6.2 dargestellt. Bestimmen Sie den Phasen- und Amplitudenrand des geregelten Systems. Ist das System stabil? (Begründung)
- Das Eingangssignal des Systems werde mit  $u(t) = 2 \sin(3t)$  beschrieben. Berechnen Sie Frequenz, Phase und Amplitude des Ausgangs im stationären Zustand. Kontrollieren Sie Ihr Ergebnis indem Sie die Punkte in das Bodediagramm in Abb. 6.2 eintragen.



**Abbildung 6.2:** Bodediagramm des geregelten Systems

Das geregelte System  $G(s)$  wird ferngesteuert, wobei die Fernsteuerung als überlagerter Regelkreis aufgefasst werden kann. Der menschliche Bediener wird vereinfacht durch ein Totzeitsystem mit der Übertragungsfunktion

$$G_M(s) = K_M e^{-T_t s}$$

angenommen.

- g) Welche Totzeit  $T_t$  ist, unter der Annahme einer Verstärkung  $K_M = 1$ , erlaubt, so dass das ferngelenkte System stabil ist (Rechnung)? Die Schnittfrequenz  $\omega_S$  können Sie Abb. 6.2 entnehmen.

Das geregelte System  $G(s)$  wird nun nicht ferngesteuert, sondern durch einen Regler

$$G_R(s) = K_D(1 - s) \quad \text{mit} \quad K_D > 0$$

an Bord des Fahrzeugs geregelt.

- h) Ist der geschlossene Regelkreis für
- 1.) Gegen- und
  - 2.) Mitkopplung
- für große  $K_D$  stabil? Begründen Sie Ihre Antworten zu 1. und 2. anhand der Wurzelortskurve.

---

Maximal erreichbare Punktzahl:	<b>100</b>
Mindestpunktzahl für die Note 1,0:	<b>95</b>
Mindestpunktzahl für die Note 4,0:	<b>50</b>