

NAME	
VORNAME	
MATRIKEL-NR.	

### Aufgabe 1

(je 2 Punkte)

- Erläutern Sie anhand eines Blockschaltbildes den Unterschied zwischen einer Steuerung und einer Regelung.
- Welche zwei Arten der Modellbildung gibt es? Geben Sie jeweils ein Beispiel an.
- Geben Sie drei typische Signalformen der Systemdynamik, deren mathematische Beschreibung sowie grafische Darstellung an.
- Was beinhaltet/bedeutet die Annahme linearen Übertragungsverhaltens bei Übertragungssystemen?
- Bei einem Übertragungssystem werde bei einem Eingangssignal  $u(t) = a \cdot \sin(\omega t)$  der Ausgang  $y(t) = b \cdot \sin(3\omega - \varphi_0)$  gemessen. Woran ist erkennbar, dass bei dem System ein nichtlineares Übertragungsverhalten vorliegt?

**Aufgabe 2**

(je 2 Punkte)

- a) Auf welche Weise lässt sich aus der Gewichtsfunktion  $g(t)$  und der Eingangsgröße  $u(t)$  die Ausgangsgröße  $y(t)$  berechnen?
- b) Berechnen Sie die Laplacetransformierte des Signals  $f(t) = 2(t) - 1(t - 1)$ .
- c) Das System mit

$$G(s) = \frac{K(1 + T_1 s)}{s(1 + T_2 s)}$$

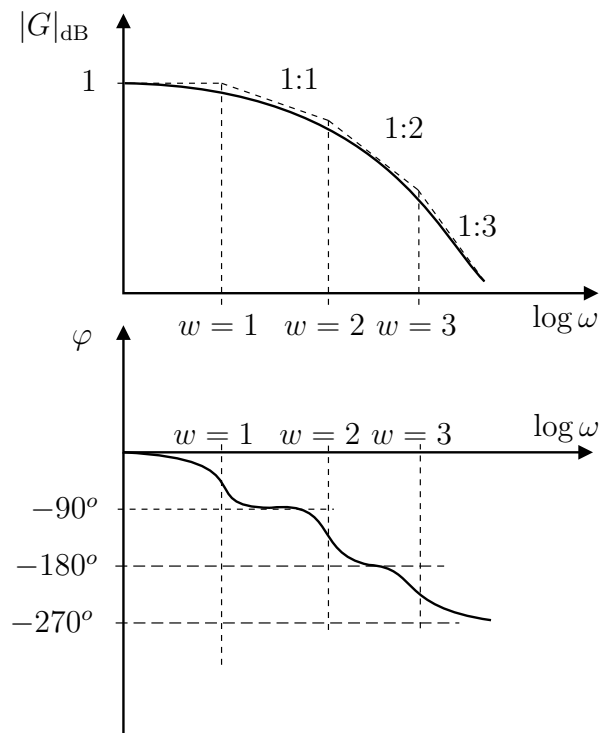
werde betrachtet. Ist das Systemverhalten zustandsstabil für  $T_1, T_2 > 0$ ?

- d) Ein Regler weise ein PDT<sub>2</sub>-Übertragungsverhalten auf. Geben Sie die das Übertragungsverhalten beschreibende Differenzialgleichung an und kennzeichnen Sie die einzelnen Parameter.
- e) Ein Übertragungssystem mit I-Verhalten werde mit einem P-Regler in Gegenkopplung geregelt. Bestimmen Sie den Charakter des Führungsübertragungsverhaltens.

**Aufgabe 3**

(10 Punkte)

- a) Das Verhalten des offenen Regelkreises  $G_0(s)$  sei hinsichtlich seines dynamischen Übertragungsverhaltens als Ortskurve durch Messung bekannt. Welche Methode lässt sich zur Prüfung des Stabilitätsverhaltens des geschlossenen Regelkreises verwenden und welche Aussagen sind bezüglich welcher Reglereinstellparameter möglich? Welche Kenntnisse sind darüber hinaus für die Anwendung des Kriteriums notwendig?
- b) Die Übertragungseigenschaften eines Mensch–Fahrzeug–Systems sollen experimentell bestimmt werden. Die Messung ergibt für das Übertragungsverhalten der Dynamik zwischen Lenkrad und Querverhalten des Fahrzeugs nachstehendes Frequenzkennliniendiagramm:



Das Verhalten des Menschen werde durch

$$G_{\text{Mensch}} = \frac{K}{1 + T_1 s} \cdot e^{-T_t t}$$

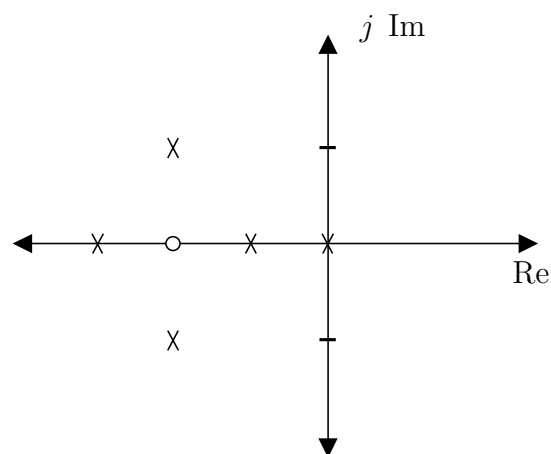
mit  $T_1 = 0,5 \text{ sec}$ ,  $T_t = 0,4 \text{ sec}$  beschrieben. Bestimmen Sie qualitativ das Frequenzkennliniendiagramm des Gesamtsystems Fahrer–Fahrzeug und zeichnen Sie es in die gegebenen Diagramme ein.

c) Das Übertragungsverhalten eines neuartigen Antriebssystems wird durch

$$G(s) = \frac{1 + s + 2s}{1 + 4s + K_1^2 s^2 + K_2 s}$$

beschrieben. Für welche Parameter  $K_1, K_2$  ist das System stabil?

d) Der offene Regelkreis (Gegenkopplung) sei durch eine Pol-/Nullstellenverteilung wie folgt gekennzeichnet:



Ist der Regelkreis durch eine geeignete Reglereinstellung stabilisierbar? Veranschaulichen Sie Ihre Begründung mit Hilfe einer geeigneten graphischen Darstellung!

e) Geben Sie die vollständige Zustandsraumdarstellung für das System mit dem Ein-/Ausgangsverhalten

$$m\ddot{x}(t) + (d_1 + d_2)\dot{x}(t) + (k + k_R)x(t) = u(t) \quad \text{mit} \quad u(t) = u_0 \cdot \sin\omega_0 t$$

an. Gemessen werde  $\dot{x}(t)$ . Benennen Sie die auftretenden Matrizen und geben Sie zusätzlich die allgemeine Schreibweise an.

**Aufgabe 4**

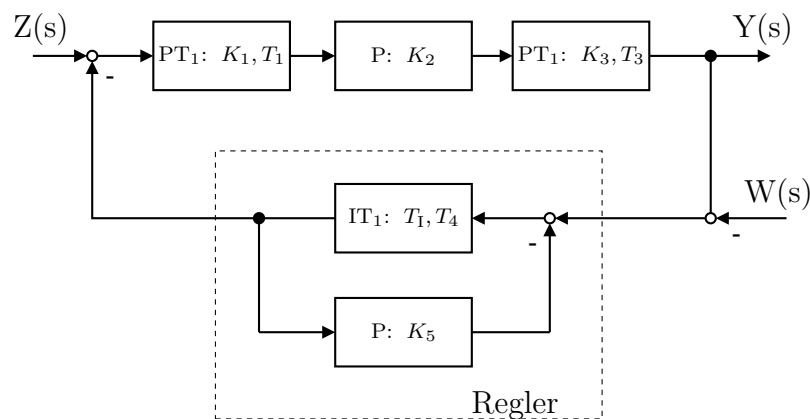
(15 Punkte)

a) Gegeben sei:

$$G(s) = \frac{1}{1 + T_s s}.$$

Berechnen Sie die Ausgangsgröße  $y(t = 0)$  und  $y(t = \infty)$  für die Eingangsgröße  $u(t) = 1(t)$  und geben Sie darüber hinaus  $Y(s)$  an!

b) Gegeben sei das System



Geben Sie die Übertragungsfunktion des Reglers und die Führungsübertragungsfunktion  $G_w(s)$  an?

c) Die Aufbaubewegung eines Versuchsautos werde annähernd durch die Bewegung eines Feder–Masse–Dämpfer–Systems mit der Gleichung

$$m\ddot{x}(t) + d\dot{x}(t) + kx(t) = f(t)$$

mit  $x(t)$  als Bewegung der Masse und  $f(t)$  als vertikal wirkende Erregerkraft am Radaufstandspunkt beschrieben. Gemessen werde die Bewegung  $y(t) = x(t)$ . Mit Hilfe eines elektromechanischen Aktors soll die Aufbaubewegung geregelt werden. Das Übertragungsverhalten des Aktors inklusive Regelung werde durch

$$G_R(s) = \frac{F(s)}{X(s)} = \frac{K_R}{(1 + T_1 s)s}$$

beschrieben. Die Besonderheit des Aktors liegt in der Verwendung eines Schneckenrades zur Erzeugung einer Linearbewegung. Geben Sie für ein energiefreies (Anfangsbedingungen = 0) System die Übertragungsfunktion sowie die Pol- und Nullstellen des offenen Kreises an und tragen Sie die Lage der Pole und Nullstellen in einer Pol-/Nullstellenzeichnung ein! Führen Sie hierzu gegebenenfalls eine Fallunterscheidung durch.

- d) Zeichnen Sie qualitativ für  $m = d = k = 1; K_R = 1, T_1 \approx 0$  das Frequenzliniendiagramm. Wie lauten die Stabilitätskriterien für das spezielle Nyquistkriterium zur Überprüfung im Bodediagramm? Ist das System beim Schließen des Regelkreises stabil?
- e) Die stark konstruktiv geprägte Lösung mit Hilfe einer bewegten Muffe werde durch einen neuartigen, direkt angetriebenen Linearaktor ersetzt. Der resultierende offene Regelkreis ergibt sich zu

$$G_0(s) = G_R(s) \cdot G_S(s) = \frac{K_R s}{(ms^2 + ds + k)(1 + T_1 s)}$$

$$\text{mit } K_R = m = d = k = 1, T_1 \approx 0.$$

Zeichnen Sie qualitativ das Bodediagramm und erläutern Sie kurz die Vorteile der resultierenden Dynamik hinsichtlich Stabilität und Dynamik.

**Aufgabe 5**

(15 Punkte)

Die Übertragungsfunktion einer Regelstrecke sei mit

$$G_S(s) = \frac{1}{(s+1)(s+4)(s-1)}$$

gegeben. Zur Regelung des Systems stehen ein Regler mit der Übertragungsfunktion

$$G_{R_1}(s) = K_{R_1}$$

oder ein Regler mit der Übertragungsfunktion

$$G_{R_2}(s) = K_{R_2} \frac{(s+1)^2}{s}$$

zur Verfügung.

- a) Benennen Sie den jeweiligen Reglertypen.
- b) Die Regelstrecke soll in Gegenkopplung geregelt werden. Skizzieren Sie jeweils für beide Reglertypen die resultierende Wurzelortskurve. Bestimmen Sie hierzu zunächst

- die Anzahl der Asymptoten,
- den Wurzelschwerpunkt unter Verwendung der bekannten Beziehung

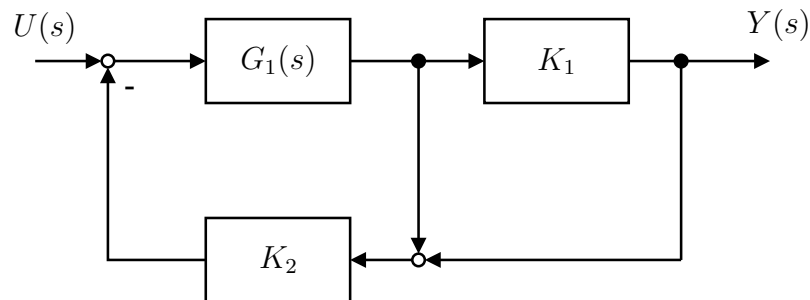
$$\sigma_w = \frac{\sum_{j=1}^n s_j - \sum_{i=1}^q s_{oi}}{n - q},$$

- die Winkel der Asymptoten.
- c) Begründen Sie anhand der qualitativ gezeichneten Wurzelortskurven, welchen Regler Sie wählen würden.
  - d) Erläutern Sie den Zusammenhang zur Berechnung der kritischen Reglerverstärkung anhand der Wurzelortskurve und geben Sie nur die Berechnungsvorschrift an.

**Aufgabe 6**

(40 Punkte)

- a) Gegeben ist das folgende Blockschaltbild einer Regelstrecke.

**Abbildung 6.1:** Blockschaltbild

Geben Sie die Übertragungsfunktion  $G_S = \frac{Y(s)}{U(s)}$  der Regelstrecke an. Setzen Sie anschließend für die Übertragungselemente  $G_1(s) = \frac{1}{s(1+s)}$ ,  $K_1 = 1$ ,  $K_2 = 2$  ein (im Folgenden zu benutzen) und benennen Sie den Typ des Übertragungsverhaltens.

- b) Die Regelstrecke aus a) soll mit einem Übertragungselement, das durch die Differentialgleichung

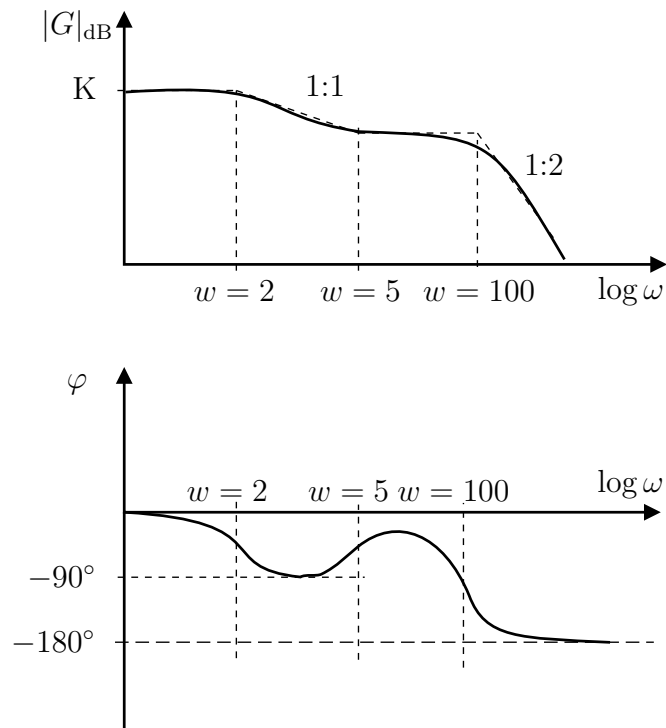
$$x_a(t) = K(x_e(t) + T_1 \dot{x}_e(t) + T_2 \int x_e(\tau) d\tau)$$

beschrieben ist, in Gegenkopplung geregelt werden. Hierbei ist  $x_e(t)$  der Eingang und  $x_a(t)$  der Ausgang des Reglers. Um was für einen Reglertypen handelt es sich? Berechnen Sie die Pol- und Nullstellen des offenen Regelkreises und geben Sie das Blockschaltbild des geschlossenen Regelkreises an.

- c) Für den Regler aus b) seien die Parameter  $K = 1$ ,  $T_1 > 0$ ,  $T_2 > 0$  vorgegeben. Bestimmen Sie mit Hilfe des Hurwitzkriteriums, für welche Reglerparameter das System aus a) stabilisiert werden kann. Kennzeichnen Sie die Fläche in der  $T_1, T_2$ -Parameterebene, für die der geschlossene Regelkreis stabil ist.



d) Von einem System sei das folgende Bodediagramm aufgenommen worden:



Geben Sie eine Gleichung (Übertragungsfunktion) an, die das Systemverhalten beschreibt. Zeichnen Sie qualitativ die Ortskurve!

e) Das System soll in Gegenkopplung mit einem P-Regler geregelt werden. Geben Sie den Wertebereich des Reglerparameters an, für die der geschlossene Regelkreis stabil ist.

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