

NAME	
VORNAME	
MATRIKEL-NR.	

Aufgabe 1

(je 2 Punkte)

- Nennen Sie zwei grundsätzliche Aufgaben der Regelungstechnik hinsichtlich der Beeinflussung der Dynamik von Systemen.
- Durch welche prinzipielle Idee lässt sich die Dynamik von Systemen hinsichtlich der beiden in a) zu nennenden Aufgaben umsetzen.
- Stellen Sie die Grundstruktur eines technischen Regelkreises graphisch dar, kennzeichnen und benennen Sie die Elemente und die Ein- und Ausgangsgrößen der Führungs- und Störungsübertragungsregelung.
- Geben Sie die allgemeine Lösung einer Gleichung in der Zustandsraumdarstellung (Systemmatrizen \mathbf{A} , \mathbf{B} , \mathbf{C} , \mathbf{D}) an. Kennzeichnen und benennen Sie die verschiedenen Anteile. Was beschreiben diese Anteile?
- Geben Sie das durch

$$y^{(4)}(t) + ay^{(3)}(t) + b\ddot{y}(t) + cy(t) = du(t)$$

beschriebene Ein-/Ausgangsverhalten mit $u(t)$ als Eingang und $y(t)$ als Ausgang in Zustandsraumdarstellung an.

Aufgabe 2

(je 2 Punkte)

- a) Welche Annahmen liegen der Betrachtung von Übertragungsfunktionen zugrunde. Geben Sie zwei wesentliche mathematische Aspekte an.
- b) Wie stellt sich das Verstärkungs- und Phasenverhalten des durch

$$by(t) + cy(t) = d \int u(t) dt \quad \text{mit } b, c, d > 0$$

beschriebenen Übertragungselementes im Bodediagramm dar?

- c) Wann kann das 'Linke-Hand-Kriterium' angewendet werden? Was ist die Aussage dieses Kriteriums?
- d) Erläutern Sie die Stabilität eines schwingungsfähigen, mechanischen Systems (PT₂-Übertragungsverhalten) anhand des Nyquist-Kriteriums. Sind schwingungsfähige, mechanische Systeme immer stabil?
- e) Welche Amplitudendurchtrittsfrequenz w_s weist ein Regelkreis mit dem Frequenzgang des offenen Regelkreises

$$G_0(jw) = \frac{\sqrt{2}}{jwT(1 + wT)}$$

auf?

Aufgabe 3

(je 2 Punkte)

a) Gegeben sei das System $G(s)$ mit

$$G(s) = \frac{K(1 + T_1 s)}{1 - s + T_2 s^2}.$$

Geben Sie die Pole und Nullstellen von $G(s)$ an. Ist das System stabil?

b) Für das in a) gegebene System sei für $T_2 = 0$ eine Regelung zu entwickeln. Hierzu sei als Regler ein Übertragungselement mit DT₁-Verhalten (T_D, T_3) vorgesehen. Geben Sie das charakteristische Polynom des in Gegenkopplung geregelten Gesamtsystems an.

c) Für welche Parameter K, T_D, T_1, T_3 ist das in b) genannte System stabil?

d) Ist das System mit der Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{K(1 + T_1 s)}{1 + 10s + s^2 + 10s^3 + s^4}$$

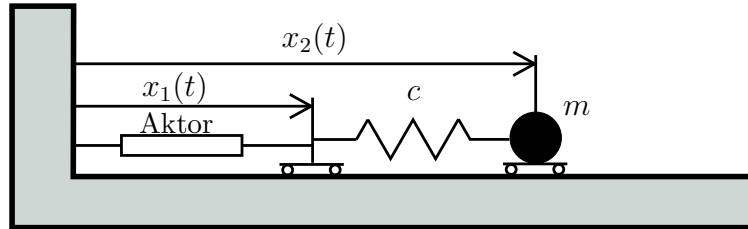
stabil?

e) Für eine Regelungsaufgabe stehe ein Industriegler mit PIDT₂-Übertragungsverhalten zur Verfügung. Die Einstellparameter seien die Verstärkung K , die Integrationszeitkonstante T_I , die Vorhaltezeitkonstante T_D sowie die Verzögerungszeitkonstanten T_1 und T_2 , welche die Trägheit des Reglers beschreiben. Für eine Regelungsaufgabe werde PD-Übertragungsverhalten des Reglers gefordert. Lässt sich das geforderte Verhalten mit dem PIDT₂ Regler realisieren, wie sind die Parameter T_I, T_D, T_1, T_2 ggf. einzustellen?

Aufgabe 4

(15 Punkte)

- a) Gegeben sei das in Abbildung 4.1 dargestellte mechanische System. Das linke Ende der Feder wird direkt über die Vorgabe der Position $x_1(t)$ angesteuert. Die Feder hat die Federsteifigkeit c mit der ungespannten Federlänge $l_0 = 0$. Die Position der Masse m sei $x_2(t)$.

**Abbildung 4.1:** Mechanisches System

- Das betrachtete Feder-Masse System werde über einen neuartigen Aktor erregt. Die Positionen $x_1(t)$ und $x_2(t)$ werden über Funk übertragen. Die Funkübertragung kann durch das Übertragungsverhalten eines Totzeitelementes (mit T_t) angenähert werden. Stellen Sie die Differenzialgleichung auf, die das System in Abbildung 4.1 beschreibt. Für die Beschreibung des Systems seien die funkübertragenen Signale $\tilde{x}_1(t)$ der Eingang und $\tilde{x}_2(t)$ der Ausgang. Geben Sie die Übertragungsfunktion des Systems zwischen $U(s)$ und $Y(s)$ an und zeichnen Sie das Blockschaltbild.

- b) Es soll eine Regelung für das System aus a) mit einem P-Übertragungselement realisiert werden. Geben Sie das Blockschaltbild und die Führungsübertragungsfunktion an.
- c) Skizzieren Sie für ein System, das durch die Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{e^{-3s}}{s(s+10)^2}$$

beschrieben wird, die Ortskurve und das Bodediagramm.

- d) Kann ein stabiles System, beschrieben durch

$$G(s) = \frac{K_1}{(1+T_1s)^2(1+T_2s)}; \quad (T_1 > 0, T_2 > 0) \quad ,$$

mit einem PT_1 -Übertragungselement ($K > 0, T > 0$) in Gegenkopplung instabil werden? Begründen Sie ihre Antwort anhand einer skizzierten Ortskurve und zeichnen sie gegebenenfalls den Amplituden- und Phasenrand ein.

- e) Eine Regelstrecke soll mit einem Regler mit P-Übertragungsverhalten in Gegenkopplung geregelt werden. In Abbildung 4.2 ist die Ortskurve des offenen Regelkreises für die Verstärkung des Reglers $K = 3$ gemessen worden.

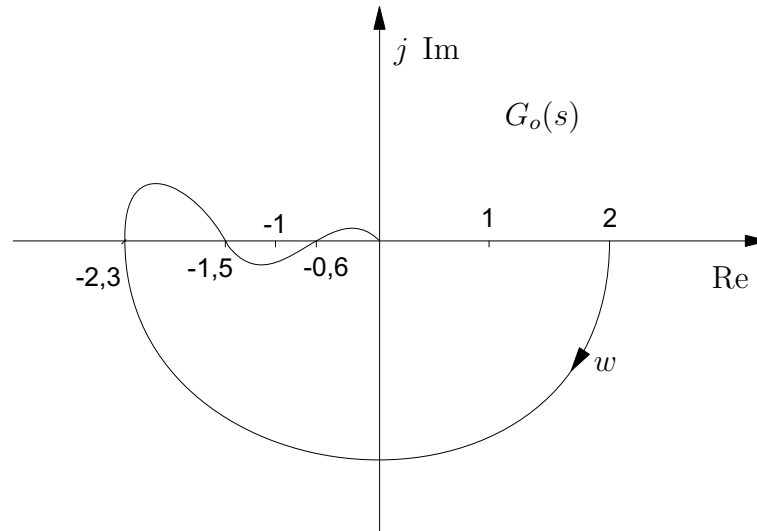


Abbildung 4.2: Ortskurve des offenen Regelkreises

Für welche Reglerverstärkungen K ist der geschlossene Regelkreis in Gegenkopplung stabil? Für welche Reglerparameter K ist der geschlossene Regelkreis in Mitkopplung stabil?

Aufgabe 5

(15 Punkte)

- a) Eine Regelstrecke mit PDT₂ Verhalten ($T_1, T_2, K_1 > 0$ und T_D beliebig) wird mit einem Regler mit P-Übertragungsverhalten (Verstärkungsfaktor K) in Gegenkopplung geregelt. Hinter der Strecke wirkt additiv eine Störung $Z(s)$ auf den Ausgang der Strecke. Geben Sie die Übertragungsfunktionen und die Differenzialgleichungen der einzelnen Übertragungselemente an und zeichnen Sie das Blockschaltbild.
- b) Geben Sie für das in a) genannte System (Strecke und Regler) das Übertragungsverhalten (mit zwei Eingangsgrößen) im Frequenzbereich an.
- c) Überprüfen Sie für Gegenkopplung die Stabilität des offenen und des geschlossenen Regelkreises aus Aufgabenteil a) und b). Geben Sie hierzu den Bereich des Reglerparameters K an, für den stabiles Verhalten vorliegt (für Mit- und Gegenkopplung).
- d) Ein System, beschrieben durch

$$G(s) = \frac{1 + T_D s}{s^2 + 2s + 2} \quad ,$$

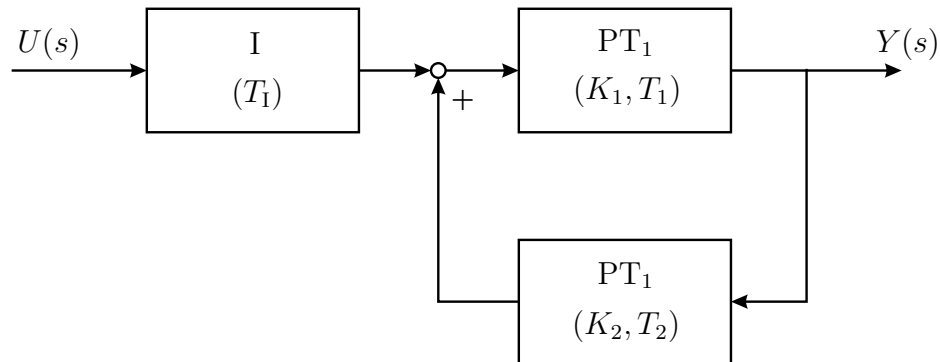
soll in Gegenkopplung mit einem Regler mit P-Übertragungsverhalten geregelt werden. Die Zeitkonstante T_D kann hier (aufgrund einer Realisierung in einem Mikrocontroller) sowohl positiv als auch negativ werden. Skizzieren Sie die Wurzelortskurve. Kann das geregelte System instabil werden (Begründung)?

- e) Ist das System $G(s) = \frac{K}{s^2 + 2s + 2}$ asymptotisch stabil im Sinne von Ljapunov? Begründen Sie ihre Antwort.

Aufgabe 6

(40 Punkte)

- a) Gegeben ist das in Abbildung 6.1 dargestellte System.

**Abbildung 6.1:** Blockschaltbild

Geben Sie die Übertragungsfunktion des in Abbildung 6.1 dargestellten Systems an (Eingang $U(s)$, Ausgang $Y(s)$). Benennen Sie das Übertragungsverhalten des Systems.

- b) Das System aus a) ($K_1 = 1, K_2 = 1, T_1 = 1, T_2 = 1, T_I = 1$) soll als Strecke in Gegenkopplung mit einem PD-Übertragungselement ($K > 0, T_D$ kann positiv als auch negativ werden) geregelt werden. Überprüfen Sie die Stabilität des geschlossenen Regelkreises mit Hilfe des Hurwitzkriteriums. Geben Sie hierzu die Parameter des Reglers an, für die das Verhalten stabil ist.
- c) Das Bodediagramm eines Systems mit der Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + s}$$

ist in Abbildung 6.2 dargestellt. Das System soll in Gegenkopplung mit einem Regler mit P-Übertragungsverhalten ($K = 1$) geregelt werden. Bestimmen Sie den Amplituden- und Phasenrand (ablesen) und zeichnen Sie diese in die Abbildung 6.2 ein. Für welche Parameter $K > 0$ ist der geschlossene Regelkreis stabil (Aussage: anhand der abgelesenen Werte).

- d) Berechnen Sie die Amplituden- und die Phasendurchtrittsfrequenz und hieraus den Phasen- und Amplitudenrand. Liegt gutes Regelverhalten vor?

(Hinweis: Das Polynom $x^3 + x = 1$ hat eine Nullstelle bei $x \approx 0,6823$)

- e) Skizzieren Sie die Wurzelortskurve für das in c) gegebene System (Strecke und Regler) und tragen Sie K_{krit} ein.

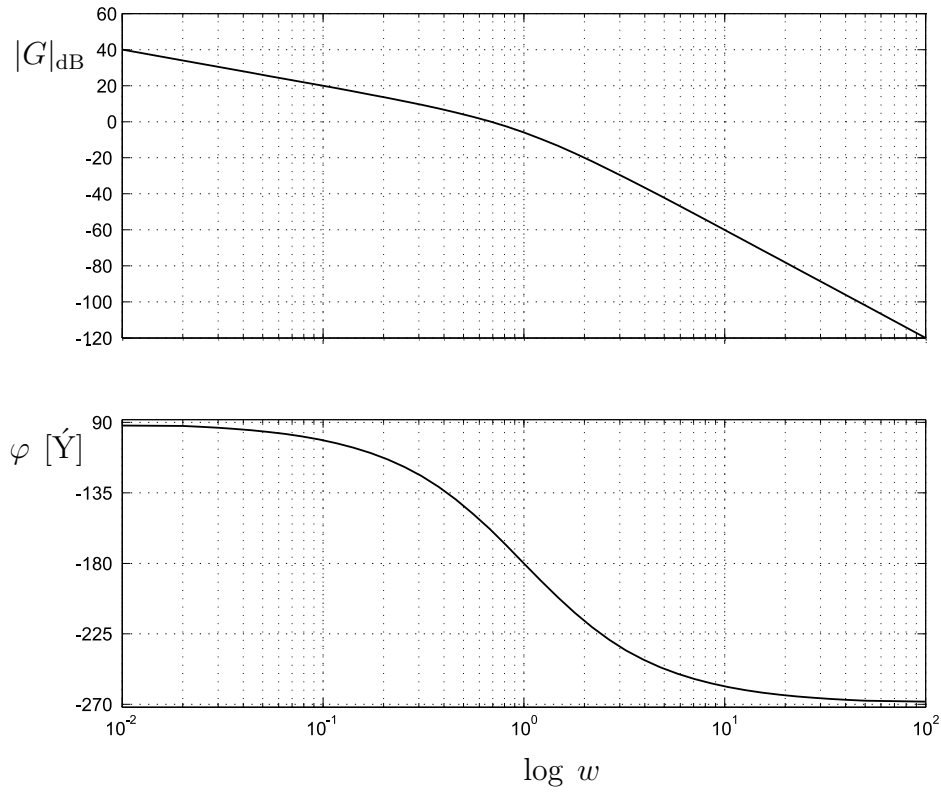


Abbildung 6.2: Bodediagramm

Maximal erreichbare Punktzahl:	100
Mindestpunktzahl für die Note 1,0:	95
Mindestpunktzahl für die Note 4,0:	50