NAME	
VORNAME	
MATRIKEL-NR.	

Aufgabe 1

(je 2 Punkte)

a) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen einer Regelung und einer Steuerung an Hand eines Blockschaltbildes.

b) Was ist ein Mehrgrößensystem?

c) Was ist das Superpositionsprinzip und welche wesentliche Übertragungseigenschaft von Systemen wird hierdurch bestimmt?

d) Geben Sie den Anfangswertsatz der Laplacetransformation als Gleichung an. Was lässt sich hierdurch ermitteln?

e) Definieren Sie mathematisch:

   i) Pol eines Übertragungssystems,

   ii) Nullstelle eines Übertragungssystems und

   iii) Eigenwert eines Systems.

Aufgabe 2

(je 2 Punkte)

a) Für die Beschreibung von SISO-Systemen lassen sich drei verschiedene prinzipielle Arten von Übertragungsverhalten unterscheiden: proportional, differenzierend und integrierend. Geben Sie jeweils die Unterschiede in der Übertragungsfunktion an.

b) Was ist die Zustandstabilität eines Systems? Nennen Sie zwei Methoden zur analytischen Bestimmung des Stabilitätsverhaltens.

c) Ein Übertragungssystem weise ein PIT_3-Übertragungsverhaltens auf. Geben Sie die das Übertragungsverhalten beschreibende Differenzialgleichung sowie die entsprechende Übertragungsfunktion an.

d) Die Querdynamik eines Fahrzeuges werde durch ein I-Übertragungsverhalten (Parameter: $T_I = 1$) beschrieben. Das Lenkverhalten eines Fahrers werde durch

$$G_{Fahrer} = \frac{K}{1 + T_1 s} \cdot e^{-T_t s} \tag{2.1}$$

mit $T_1 = 1$ s und $T_t = 1$ s beschrieben. Zeichnen sie qualitativ das Bodediagramm des offenen Regelkreises mit Totzeit. Ist das System für $T_t = 0$ s stabil? Wie verändert sich die Stabilität mit zunehmender Totzeit (z.B. durch Medikamentenkonsum oder Alkoholeinfluss des Fahrers)?

e) Ein Übertragungssystem mit PI-Verhalten werde mit einem Übertragungssystem mit PD-Verhalten als Regler in Mitkopplung geschaltet. Bestimmen Sie den Charakter (P, PI, PT_1...) der Störübertragungsfunktion, wenn die Störung vor der Strecke angenommen wird.

Aufgabe 3

(je 2 Punkte)

a) Geben Sie die Zustandsraumbeschreibung für das System

$$1\ddot{y} + 0.5\dot{y} + ky = f(t) + g(t) \tag{3.1}$$

an, wobei $\dot{y}$ gemessen wird. Bestimmen sie die Eigenwerte des Systems. Für welche Werte k ist das System stabil? Wie verändert sich die Stabilität falls y gemessen wird?

b) Welche Aussagen erlaubt das allgemeine Nyquistkriterium?

c) Gegeben sei das nachstehende Regelungssystem:

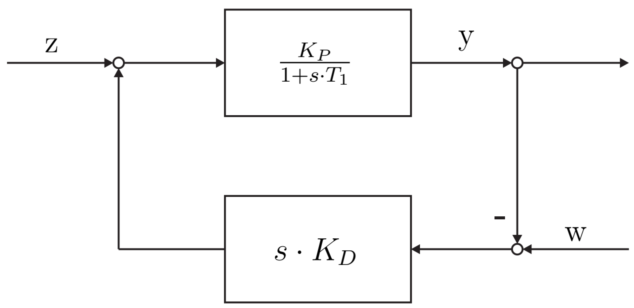

Abbildung 3.1: Regelkreis

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

d) Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen der asymptotischen Stabilität nach Ljapunov und der Lage der Eigenwerte eines dynamischen Systems.

e) Am Eingang zweier parallel geschalteter Systeme liegt im stationären Zustand das Signal $u(t) = \sin(3\omega t)$ an. Das am Ausgang von System 1 gemessene Signal lässt sich durch $y_1(t) = 4.5\sin(3\omega t + 87.5)$ beschreiben und das am Ausgang von System 2 gemessene Signal durch $y_2(t) = \sin(\omega t)$. Sind die jeweiligen Übertragungscharakteristiken linear oder nichtlinear?

Aufgabe 4

(15 Punkte)

Es wird der in Abb. 4.1 angegebene Regelkreis mit

$$F_{\mathrm{S}}(s) = \frac{1}{s^2 + 6s + 13}$$

betrachtet.

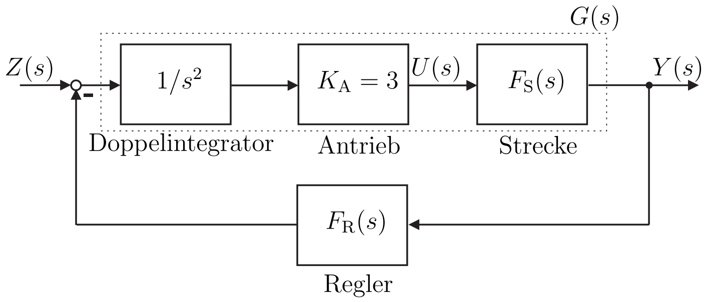

Abbildung 4.1: Blockschaltbild des Regelkreises

a) Für den Fall, dass als Regler $F_{\mathrm{R}}(s)$ ein P-Regler mit Verstärkungsfaktor $K_{\mathrm{P}} > 0$ eingesetzt wird, berechnen Sie zunächst soweit möglich
- die entsprechende Übertragungsfunktion $G(s)$ (vgl. Skizze),
- deren Pole p_i und Nullstellen p_{0i},
- die Winkel ϕ_i der Asymptoten,
- deren Schnittpunkt (Wurzelschwerpunkt) s_{Asymp},
- den/die Schnittpunkte mit der imaginären Achse $p_{\mathrm{Imag},i}$ sowie
- den zugehörigen Wert K_{krit} des Verstärkungsfaktors.

b) Skizzieren Sie jetzt die WOK und nutzen Sie dafür alle berechneten Werte. Tragen Sie die Werte deutlich in die Skizze der WOK ein.

c) Im weiteren soll für die Rückführung neben der Position $y(t)$ auch die Geschwindigkeit $\dot{y}(t)$ herangezogen werden, es gilt also

$$F_{\mathrm{R}}(s) = K_{\mathrm{P}}[1 + T_{\mathrm{D}}s] \ .$$

Der so geschlossene Regelkreis führt bei einer bestimmten Reglereinstellung am Stabilitätsrand Eigenschwingungen der Frequenz $\omega = 2\,\mathrm{s}^{-1}$ aus. Bestimmen Sie die eingestellten Reglerparameter T_{D} und K_{P}!

d) Skizzieren Sie den Verlauf der WOK für den Regelkreis mit T_D aus Teil c).
Gehen Sie hierzu genau wie für die Aufgabenteile a) und b) vor und berechnen Sie zusätzlich die **reellen** Verzweigungspunkte s_i! Überprüfen Sie mit Hilfe der Phasenbedingung, ob berechnete reelle Verzweigungspunkte tatsächlich zur WOK gehören.
Hinweis: Die rationalen Nullstellen eines Polynoms $f(x) = a_n x^n + \cdots + a_1 x + a_0$ mit $a_i \in \mathbb{Z}$ finden sich unter den Brüchen $\frac{a}{b}$ $(a, b \in \mathbb{Z})$, in denen a Teiler von a_0 und b ein Teiler von a_n ist.

Aufgabe 5

(15 Punkte)

Betrachtet wird das in Abb. 5.1 angegebene Blockschaltbild.

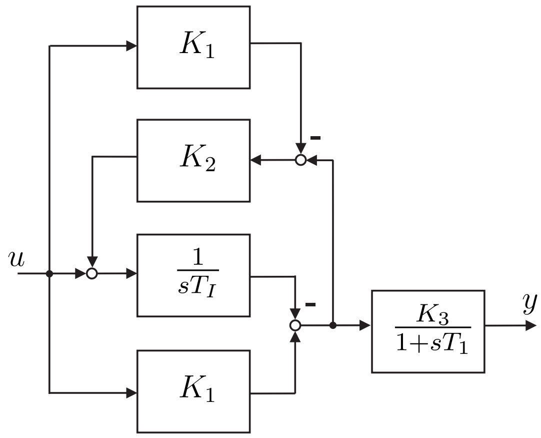

Abbildung 5.1: Blockschaltbild

a) Berechnen Sie die Übertragungsfunktion $F(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$ und stellen Sie diese in der Form

$$F(s) = A \cdot \frac{B - 1 + Cs}{(1 + sD)(E + sF)}$$

dar.

b) Für das System aus Teil a) gelte $K_1 = 1$ und $K_2 = 0.5$. Handelt es sich um ein Phasenminimumsystem? Begründen Sie Ihre Antwort.

c) Gegeben ist das in Abb. 5.2 dargestellte System. Bestimmen Sie die Übertragungsfunktionen $F_\mathrm{a}(s)$ und $F_\mathrm{b}(s)$.

d) Wie lauten die Übertragungsfunktionen $F_1(s) = \frac{Y_1(s)}{U(s)}$ und $F_2(s) = \frac{Y_2(s)}{U(s)}$?

e) Ist das Übertragungsverhalten zwischen u und y_1 asymptotisch stabil?

f) Es sei $T_0 = T_1 = T$. Für welche reellen Werte von k besitzt die Übertragungsfunktion $F_2(s)$ stabile konjugiert komplexe Pole und für welche instabile Pole?

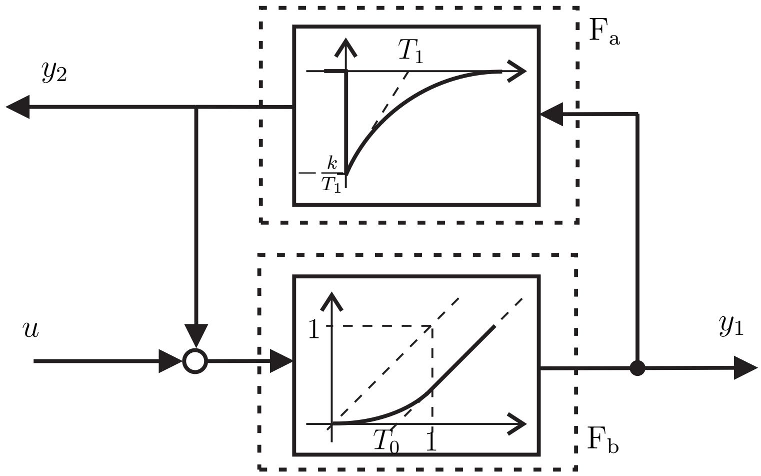

Abbildung 5.2: Blockschaltbild

Aufgabe 6

(40 Punkte)

a) Gegeben ist folgende Zustandsraumbeschreibung:

$$\begin{aligned}\dot{\boldsymbol{x}}(t) &= \begin{bmatrix} 4 & -2 \\ 5 & -3 \end{bmatrix} \boldsymbol{x}(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u(t), \\ y(t) &= \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \boldsymbol{x}(t).\end{aligned}$$

Berechnen Sie die Eigenwerte des Systems. ($\sqrt{2.25} = 1.5$)

b) Gegeben ist die Übertragungsfunktion des in a) angegebenen Systems:

$$G_1(s) = \frac{1}{1+s}.$$

Ist das System aus a) und b) asymptotisch stabil? Begründen Sie Ihre Antwort.

Ist das System aus a) und b) ein-/ausgangsstabil? Begründen Sie Ihre Antwort.

c) Gegeben ist das Blockschaltbild eines Systems von Übertragungselementen nach Abbildung 6.1.

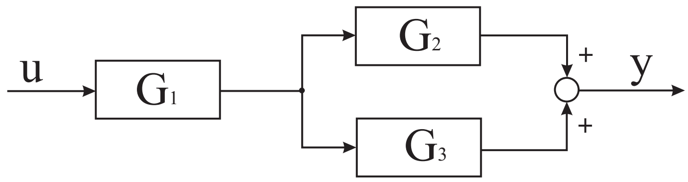

Abbildung 6.1: Blockschaltbild des Systems

Die Übertragungselemente werden beschrieben durch:

$$G_1(s) = \frac{1}{1+s}, \quad G_2(s) = \frac{2}{s+3} \quad \text{sowie} \quad G_3(s) = \frac{2}{s-2}. \tag{6.1}$$

Stellen Sie die Übertragungsfunktion des Gesamtsystems nach Abbildung 6.1 auf. Bestimmen Sie die Pole und Nullstellen des Systems. Ist das System ein Minimalphasensystem? Begründen Sie Ihre Antwort.

d) Zur weiteren Berechnung benutzen Sie die Übertragungsfunktion (6.2).

$$G_s(s) = \frac{4s+2}{s^3+2s^2-5s-6}, \tag{6.2}$$

als Systemübertragungsfunktion, wenn Sie keine für das Gesamtsystem in c) gefunden haben.

Für das Gesamtsystem in c) wird ein Übertragungselement mit P-Verhalten und Verstärkung K_1 zur Regelung verwendet. Bestimmen Sie die Führungsübertragungsfunktion des geschlossenen Regelkreises mit negativer Rückkopplung. Für welche Verstärkung K_1 ist der Regelkreis asymptotisch stabil? Verwenden Sie zur Berechnung das Hurwitz-Kriterium.

e) Bestimmen Sie die bleibende Regelabweichung des Regelkreises in d), wenn $K_1 = 4$ und für die Führungsgröße eine Sprungfunktion $w(t) = 1(t)$ angenommen wird. Ist der Ausgang des Systems für $t \to \infty$ identisch mit der Führungsgröße?

f) Gegeben ist alternativ der Regler

$$G_{R2}(s) = K_2 \frac{1+6s}{6s}.$$

Klassifizieren Sie das Verhalten des Reglers $G_{R2}(s)$.

g) Bestimmen Sie die bleibende Regelabweichung des Regelkreises mit dem System aus c) und dem Regler aus f), wenn für die Führungsgröße eine Sprungfunktion $w(t) = 1(t)$ und die Störgröße eine Impulsfunktion $d(t) = \delta(t)$ angenommen werden, die gleichzeitig wirken. Verwenden Sie die Struktur des Regelkreises nach Abbildung 6.2. Ist der Ausgang des Systems für $t \to \infty$ identisch mit der Führungsgröße?

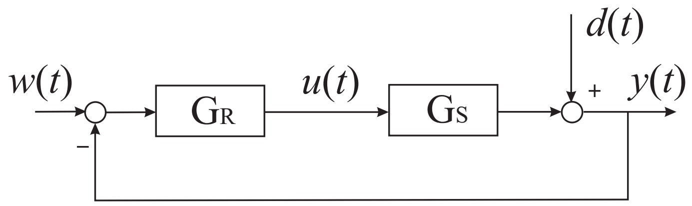

Abbildung 6.2: Struktur des Regelkreises

h) Stellen Sie den Amplituden- und Phasengang des offenen Systems in g) qualitativ im Bode-Diagramm dar.

i) Stellen Sie qualitativ die Ortskurve des in g) bestimmten Sytems dar. Achten Sie beim Amplituden- und Phasengang auf die Anfangs- und Endwerte. Kann das spezielle Nyquistkriterium für den Regelkreis in g) verwendet werden? Wenn Ja, geben Sie die Schritte hierfür an. Wenn Nein, geben Sie den Grund an.

Maximal erreichbare Punktzahl:	**100**
Mindestprozentzahl für die Note 1,0:	**95%**
Mindestprozentzahl für die Note 4,0:	**50%**