Regelungstechnik (Bachelor Wirtschaftsingenieurwesen)
120 Minuten

NAME	
VORNAME	
MATRIKEL-NR.	

Aufgabe 1

(je 2 Punkte)

a) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen der Behandlung eines Signales im Zeit- und im Frequenzbereich!

b) Was beinhaltet die Voraussetzung Linearität bei der Betrachtung dynamischer Systeme?

c) Geben Sie die mathematische Darstellung dreier typischer Signale der Systemdynamik sowie ihrer jeweiligen Laplace-transformierten Beschreibung an.

d) Was ist eine Übertragungsfunktion und in welcher Weise wird sie zur graphischen Beschreibung des Übertragungsverhaltens genutzt?

e) Ein Regelungssystem lässt sich mit zwei reinen P-Übertragungssystemen (Verstärkungsfaktoren $\mathrm{K_R}, \mathrm{K_S}$) bei negativer Rückkopplung beschreiben. Beschreiben Sie den Unterschied der resultierenden Führungs- und Störübertragungsfunktionen hinsichtlich des stationären Verhaltens.

Aufgabe 2

(je 2 Punkte)

a) Die systemdynamische Darstellung von Systemen kennt für SISO-Systeme drei verschiedene Arten von Übertragungsverhalten (proportional, differenzierend, integrierend). In welcher Weise unterscheiden Sie die drei Übertragungsverhalten im Frequenzbereich? Geben Sie jeweils die typischen Charakteristika im Bode-Diagramm an.

b) Was ist die Stabilität eines Übertragungssytems? Nennen Sie zwei Methoden zur analytischen Bestimmung bei gegebener mathematischer Beschreibung in Form einer Übertragungsfunktion bzw. einer Ein-/Ausgangsbeziehung durch Differenzialgleichung.

c) Ein Übertragungssystem weise ein PIT_2T_t-Übertragungsverhaltens auf. Geben Sie die das Übertragungsverhalten beschreibende Differenzialgleichung analytisch sowie die Übertragungsfunktion grafisch in Form einer Ortskurve an.

d) Der Spindelantrieb eines neuartigen Linearantriebes wird näherungsweise durch ein PDT_1-Übertragungsverhalten (Parameter K, T_D, T_1) beschrieben, für eine Regelung stehen ein P-Regler (Parameter K_R) und ein PI-Regler (Parameter K_R, T_I) zur Verfügung. Skizzieren Sie das prinzipielle Verhalten beider Regelkreise mit einer Wurzelortskurve und beschreiben Sie den Unterschied hinsichtlich des Stabilitätsverhaltens.

e) In Abbildung 2.1 ist das Bodediagramm eines dynamischen Systems dargestellt. Ermitteln Sie aus dem Verlauf des Phasen- und Amplitudenfrequenzganges die Übertragungsfunktion des Systems. Nehmen Sie die Lagen für Pol- und Nullstellen bei $\omega_1 = 10$, $\omega_2 = 100$ und $\omega_3 = 1000$ an.

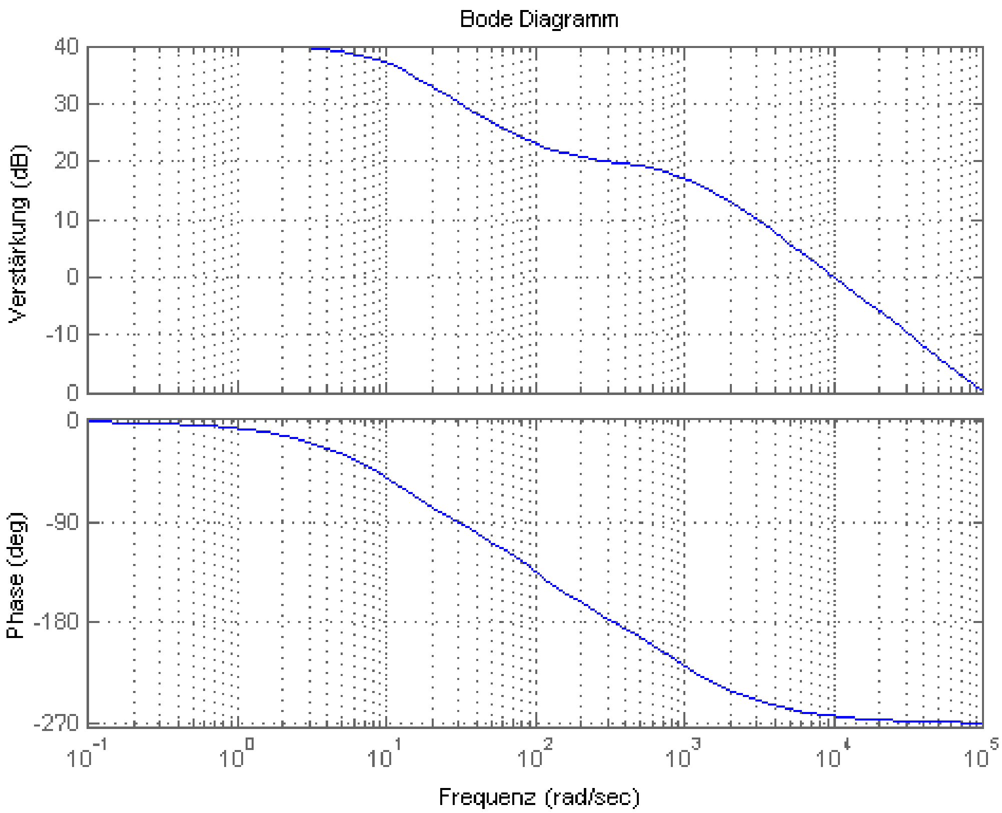

Abbildung 2.1: Bodediagramm des dynamischen Systems

Aufgabe 3

(15 Punkte)

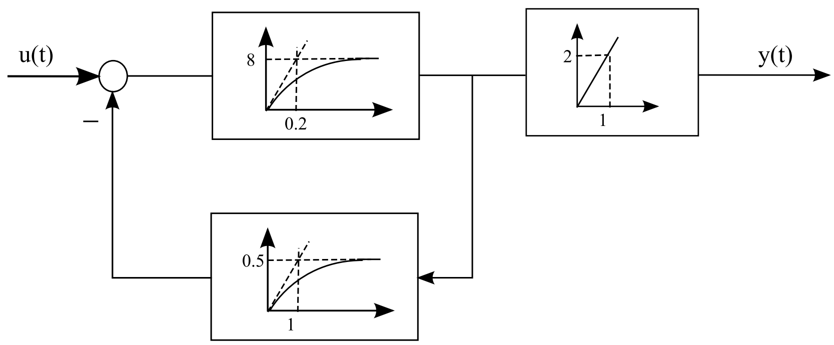

Abbildung 3.1: Blockschaltbild eines Systems

Gegeben ist das Blockschaltbild eines Systems von Übertragungselementen gemäß Abbildung 4.1.

a) Stellen Sie die Übertragungsfunktion des Systems mit den gegebenen Konstanten auf. Bestimmen Sie die Pole und Nullstellen des Systems. Ist das System asymptotisch stabil? Begründen Sie Ihre Antwort.

b) Stellen Sie die Differenzialgleichung des Systems ausgehend von der Übertragungsfunktion auf und klassifizieren Sie das System. Geben Sie die Zustandsraumdarstellung des durch die Differenzialgleichung beschriebenen Systems an.

c) Gegeben ist folgende Zustandsraumbeschreibung:

$$\begin{aligned}\dot{\boldsymbol{x}}(t) &= \begin{bmatrix} -0.5 & 0 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \boldsymbol{x}(t) + \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0 \end{bmatrix} u(t), \qquad \boldsymbol{x}(0) = \begin{bmatrix} x_{01} \\ x_{02} \end{bmatrix}, \\ y(t) &= \begin{bmatrix} 1 & -1 \end{bmatrix} \boldsymbol{x}(t).\end{aligned}$$

Berechnen Sie die Eigenwerte und Eigenvektoren des Systems.

d) Transformieren Sie das gegebene Zustandsraummodell nach Aufgabe c) in eine diagonal kanonische Form.

e) Stellen Sie die Bewegungsgleichung des transformierten Zustandsraummodelles nach Aufgabe c) auf. Setzen Sie die Matrizen ein. Kennzeichnen Sie die Eigenbewegung (freie Bewegung) und die erzwungene Bewegung.

Aufgabe 4

(15 Punkte)

Die Regelstrecke $G_{\mathrm{S}}(s)$ wird durch die Übertragungsfunktion

$$G_{\mathrm{S}}(s) = \frac{s-2}{(s+3)(s^2+2s+1)}$$

beschrieben.

a) Stellen Sie den Amplituden- und Phasengang qualitativ im Bode-Diagramm dar.

b) Ist das System E/A-stabil (BIBO-stabil)? Begründen Sie Ihre Antwort.

c) Ein Übertragungselement mit P-Verhalten und Verstärkung K_1 wird zur Regelung verwendet. Bestimmen Sie die Führungsübertragungsfunktion des geschlossenen Regelkreises mit negativer Rückkopplung. Geben Sie schematisch den von ihnen angegebenen Regelkreis an. Für welche Verstärkung K_1 ist der Regelkreis stabil? Verwenden Sie hierfür das Hurwitz-Kriterium.

d) Bestimmen Sie die bleibende Regelabweichung des Regelkreises, wenn $K_1 = 1$ und für die Führungsgröße eine Sprungfunktion $w(t) = 1(t)$ angenommen wird.

e) Ein Übertragungselement mit PI-Verhalten $G_{\mathrm{c2}}(s) = K_2 + \frac{K_3}{s}$ wird für eine neue Regelung verwendet. Bestimmen Sie die bleibende Regelabweichung, wenn eine Sprungfunktion als Führungsgröße genommen wird. Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem in d). Warum ergibt sich dieses Verhalten bei Verwendung eines PI-Reglers? Begründen Sie Ihre Antwort.

Aufgabe 5

(16 Punkte)

Zu untersuchen ist ein neuartiges Regelungskonzept für eine antriebstechnische Fragestellung auf Hybridbasis. Für die Strecke des zu regelnden Systems soll ein mathematisches Modell ermittelt werden.

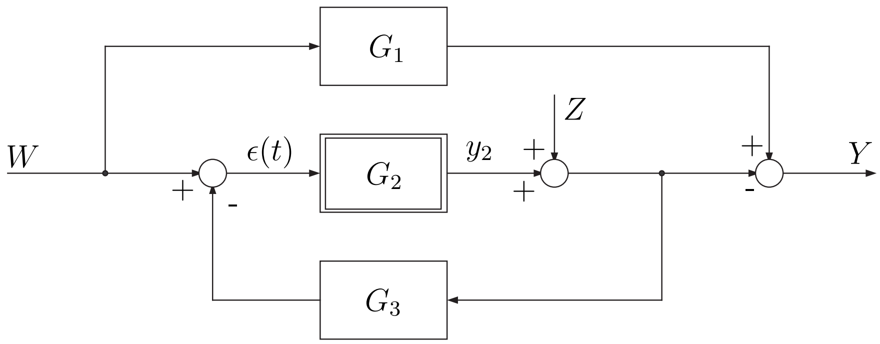

Abbildung 5.1: Blockschaltbild des Gesamtsystems

a) Stellen Sie die Führungsübertragungsfunktion $G_\mathrm{W}(s) = \frac{Y(s)}{W(s)}$ und die Störübertragungsfunktion $G_\mathrm{Z}(s) = \frac{Y(s)}{Z(s)}$ für das in Abbildung 5.1 dargestellte Blockschaltbild auf. Benutzen Sie hierzu die angegebenen Signalbezeichnungen.

b) Die einzelnen Übertragungselemente seien im Folgenden beschrieben durch

$$
\begin{aligned}
G_1 &= K \ , \\
G_2 &: \ y_2 = \log(\epsilon(t)+1) - 2\epsilon(t) \text{ und} \\
G_3 &= \frac{1}{s+T_3} \ .
\end{aligned}
$$

Linearisieren[1] Sie das Übertragungsverhalten von G_2 um den Arbeitspunkt $\epsilon_0 = 0$ und geben Sie die Gesamtübertragungsfunktion $G(s) = f(G_\mathrm{W}(s), G_\mathrm{Z}(s))$ an.

c) Nehmen Sie für die weiteren Untersuchungen folgende Systembeschreibung an:

$$G(s) = \frac{(K-1)(s+T)}{s+T+1} W(s) - \frac{s+T}{s+T+1} Z(s) \ .$$

[1] Hinweis: TAYLOR-Entwicklung: $f(x) = f(x_0) + \frac{\partial f}{\partial x}|_{x_0}(x - x_0)$

Welchen statischen Endwert erreicht der Ausgang des Systems bei folgenden Eingängen:

i) w(t) = 1(t) und z(t) = 0,

ii) z(t) = 1(t) und w(t) = 0 und

iii) w(t) = z(t) = 1(t)?

d) Für welche Werte von K ist das System sprungfähig ($Z(s) = 0, W(s) = \frac{1}{s}$; Begründung erforderlich!)?

Maximal erreichbare Punktzahl:	**66**
Mindestpunktzahl für die Note 1,0:	**95 %**
Mindestpunktzahl für die Note 4,0:	**50 %**