NAME	
VORNAME	
MATRIKEL-NR.	

Achtung: Schreiben Sie Ihre Antworten für die Aufgaben 1 bis 2 direkt unter den Fragen in den Fragebogen.

Aufgabe 1

(je 2 Punkte)

a) Definieren Sie die Begriffe Regelstrecke und Regler. Beschreiben Sie kurz die systemtheoretischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede.

b) Berechnen Sie die Laplacetransformierte $U(s)$ für die Funktion

$$u(t) = 1(t-1) + 2(t-2) - 3(t-3).$$

c) Geben Sie für das durch $\ddot{y} + 2\dot{y} + y = u$ gegebene System sowohl die Zustandsraumdarstellung als auch die Übertragungsfunktion an. Berechnen Sie die Eigenwerte und die Pole.

☐

d) Geben Sie das Ein-/Ausgangsverhalten eines $PIDT_1T_t$-Systems in Form einer Differenzialgleichung an. Skizzieren Sie qualitativ die Übergangsfunktion $h(t)$ mit Angabe der allgemeinen Kenngrößen K, T_1, T_D, T_t etc.

☐

e) Geben Sie die Ein-/Ausgangsbeschreibung für ein in Zustandsraumdarstellung beschriebenes System mit

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -T_2 & -T_1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 2 \end{bmatrix} \quad \text{und} \quad \mathrm{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}$$

an.

☐

Aufgabe 2

(je 2 Punkte)

a) Ein Übertragungssystem weise ein PDT_1-Übertragungsverhalten mit den Koeffizienten $K = 2$, $T_1 = 3$ und $T_D = 4$ auf. Bestimmen Sie den Anfangswert sowie den stationären Endwert der Übergangsfunktion.

b) Wie berechnet sich die Dämpfung eines Eigenwertes aus dem Eigenwert? (Hinweis: Tragen Sie entsprechende Bezeichnungen in Abbildung 2.1 ein.)

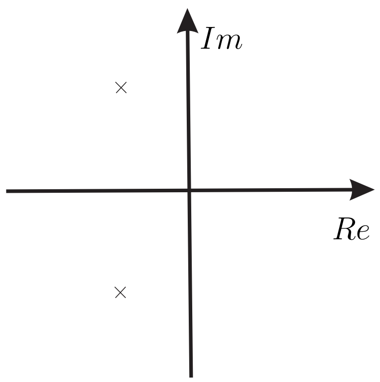


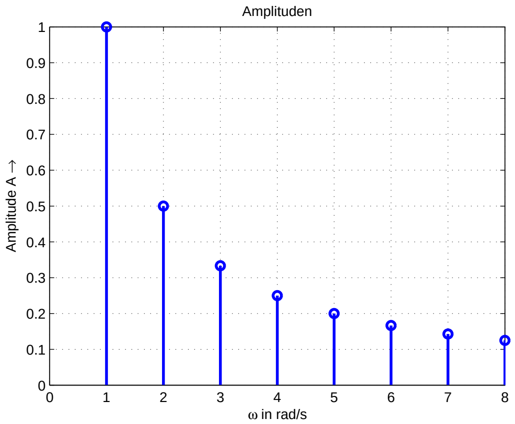
Abbildung 2.1: Ein konjugiert komplexes Eigenwertpaar

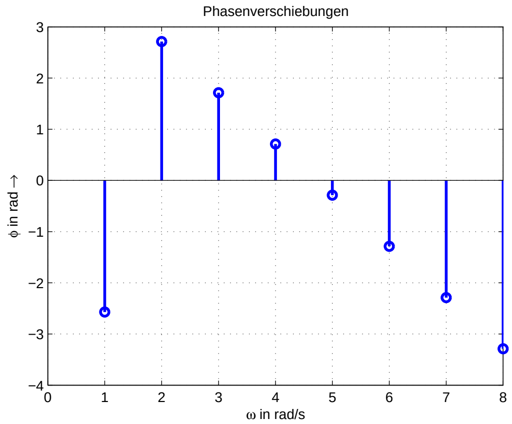
Illustrieren Sie die Unterscheidung zwischen zwei verschiedenen Dämpfungen mit Darstellungen im Zeitbereich.

c) Illustrieren Sie anhand eines PT_2-Systems die in b) beschriebene Unterscheidung durch Darstellungen des Übertragungsverhaltens im Frequenzbereich.

☐

d) Lesen Sie aus der angegebenen Darstellung der Fouriertransformierten einer Funktion die Amplituden- und Phasenwerte ab und tragen Sie sie entsprechend in die transformierte Darstellung ein.





$$y = \frac{\pi}{2} - \frac{4}{\pi}\left[\ \underline{\hspace{1cm}}\ sin(\underline{\hspace{1cm}}\ t + \underline{\hspace{1cm}}\ ) + \underline{\hspace{1cm}}\ sin(\underline{\hspace{1cm}}\ t + \underline{\hspace{1cm}}\ )\right.$$

$$+\underline{\hspace{1cm}}\ sin(\underline{\hspace{1cm}}\ t + \underline{\hspace{1cm}}\ ) + \underline{\hspace{1cm}}\ sin(\underline{\hspace{1cm}}\ t + \underline{\hspace{1cm}}\ )$$

$$+\ \underline{\hspace{1cm}}\ sin(\underline{\hspace{1cm}}\ t + \underline{\hspace{1cm}}\ ) + \underline{\hspace{1cm}}\ sin(\underline{\hspace{1cm}}\ t + \underline{\hspace{1cm}}\ )$$

$$\left.+\ \underline{\hspace{1cm}}\ sin(\underline{\hspace{1cm}}\ t + \underline{\hspace{1cm}}\ ) + \underline{\hspace{1cm}}\ sin(\underline{\hspace{1cm}}\ t + \underline{\hspace{1cm}}\ )\right]$$

☐

e) Ein Übertragungssystem mit PIT_1-Verhalten werde mit einem Übertragungssystem mit PD-Verhalten als Regler in Mitkopplung geschaltet.
Bestimmen Sie die Störgrößen- und die Führungsgrößenübertragungsfunktion (Die Störgröße wirkt hierbei zwischen Regler und Strecke).

$\square$

Aufgabe 3

(15 Punkte)

Gegeben ist die Differenzialgleichung der Regelstrecke

$$\begin{aligned} q(t) &= 10\frac{\mathrm{d}^2 p(t)}{\mathrm{d}\,t^2} + 7\frac{\mathrm{d}\,p(t)}{\mathrm{d}\,t} + p(t), \\ u(t) &= \frac{\mathrm{d}\,q(t)}{\mathrm{d}\,t}. \end{aligned}$$

a) (1 Punkt)

Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $\frac{P(s)}{U(s)}$ des Systems.

b) (3 Punkte)

Die Strecke wird durch einen P-Regler mit negativer Rückführung geregelt. Die Reglerverstärkung ist K_p. Berechnen Sie die Phase und die Amplitude der Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises für $\omega \to 0$ und $\omega \to +\infty$. Zeichnen Sie qualitativ die Ortskurve des offenen Regelkreises für $K_p = 1$.

c) (4 Punkte)

Für welche Reglerverstärkung K_p ($K_p > 0$) ist der geschlossene Kreis stabil? Verwenden Sie das spezielle Nyquistkriterium, um die Frage zu beantworten.

d) (2 Punkte)

Der Phasenrand ϕ_R des geschlossenen Kreises mit einer Reglerverstärkung $K_p = 0.147$ ist 135°. Berechnen Sie die Schnittfrequenz ω_s. (Hinweise: $\tan(45°) = 1$, $\tan(135°) = -1$)

Das System wird durch einen Aktor ergänzt. Das Blockschaltbild des neuen Systems ist in Abbildung 3.1 dargestellt.

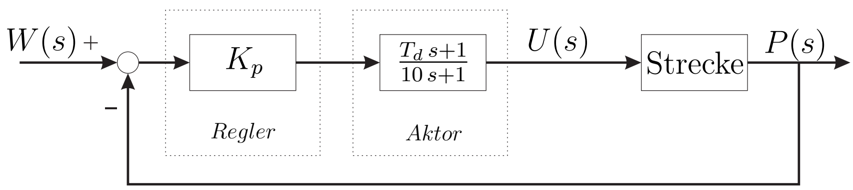


Abbildung 3.1: Der neue Regelkreis

e) (2 Punkte)

Berechnen Sie die Pole und Nullstellen der Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises aus Abbildung 3.1 für $K_p = 0.1$ und $T_d = 0.5$.

f) (3 Punkte)

Zeichnen Sie qualitativ das Bodediagramm des offenen Regelkreises ($K_p = 0.1$, $T_d = 0.5$) aus e) in Abbildung 3.2 ein. Beschriften Sie die relevanten Frequenzen und die Steigungen der Kurve.

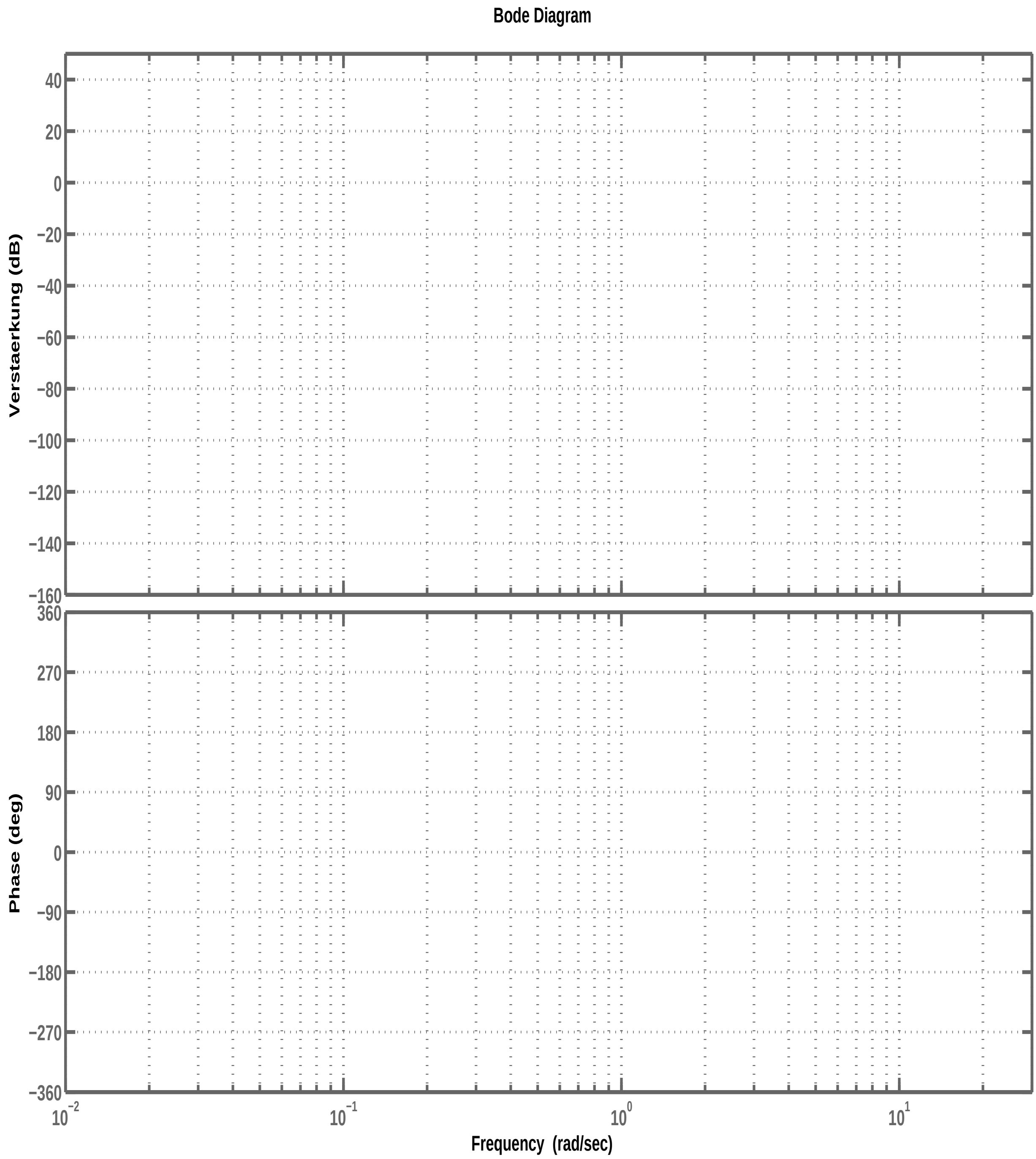


Abbildung 3.2: Bode Diagramm

Aufgabe 4

(15 Punkte)

Das Übertragungsverhalten $G_{U\to X_2}(s)$ eines Systems wird mit den einzelnen Übertragungselementen $G_1(s)$, $G_2(s)$ und $G_3(s)$ entsprechend der Abbildung 4.1 abgebildet.

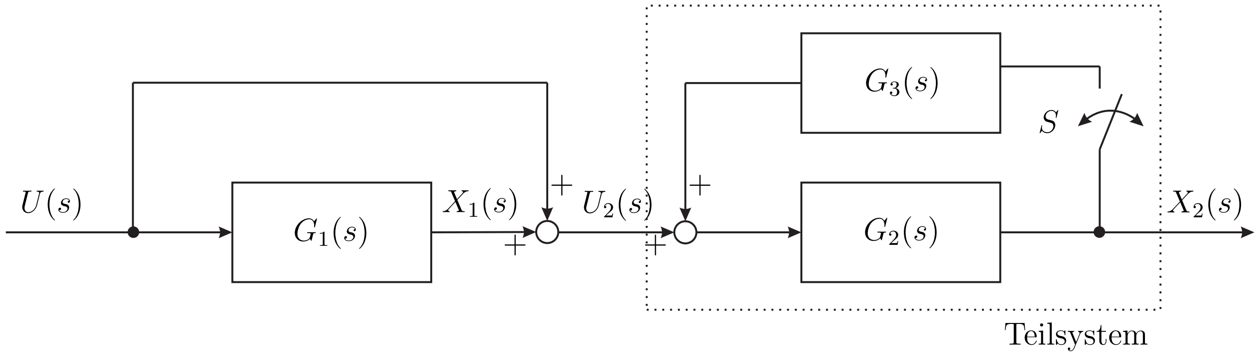


Abbildung 4.1: Blockschaltbild

Die einzelnen Übertragungselemente werden beschrieben durch

$$G_1(s) = \frac{1}{s+a}, \quad G_2(s) = \frac{1}{s(s+b)} \quad \text{sowie} \quad G_3(s) = K_P \frac{1+\frac{1}{T_3}s}{1+\frac{1}{T_4}s}.$$

a) (2 Punkte)
Geben Sie die jeweiligen Differenzialgleichungen von $G_1(s)$ und $G_2(s)$ an.

b) (4 Punkte)
Stellen Sie das Zustandsraummodell für das Übertragungsverhalten $G_{U\to X_2}(s)$ (S geöffnet) mit $x = [x_1 \;\; x_2 \;\; \dot{x}_2]^T$ auf und bestimmen die Eigenwerte und Pole.

c) (1 Punkt)
Geben Sie die Ordnung des Systems $G_{U\to X_2}(s)$ mit geöffnetem Schalter S an.

Im Weiteren wird für das Gesamtsystem folgende Übertragungsfunktion angenommen

$$G_{U\to X_2}(s) = \frac{s+8}{s^3+2s^2-35s}.$$

d) (2 Punkte)
Ist das System - beschrieben durch $G_{U\to X_2}(s)$ - asymptotisch stabil? Begründen Sie Ihre Antwort.

e) (6 Punkte)
Der Schalter S wird geschlossen. Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion des Teilsystems $G_{U_2\to X_2}(s)$ und den Wertebereich von T_4 für asymptotische Stabilität des Teilsystems $G_{U_2\to X_2}(s)$ ($K_P = -\frac{1}{6}$, $T_3 = \frac{1}{60}$ und $b = -5$).

Aufgabe 5

(16 Punkte)

Gegeben ist die Übertragungsfunktion der Strecke

$$G_S(s) = 15 \cdot \frac{2 + 2s + s^2}{(1-s)(4-s)(5-4s+s^2)}.$$

Neben der Strecke sind zwei Regler durch die Übertragungsfunktionen

$$G_{R1}(s) = K_{R1}$$

und

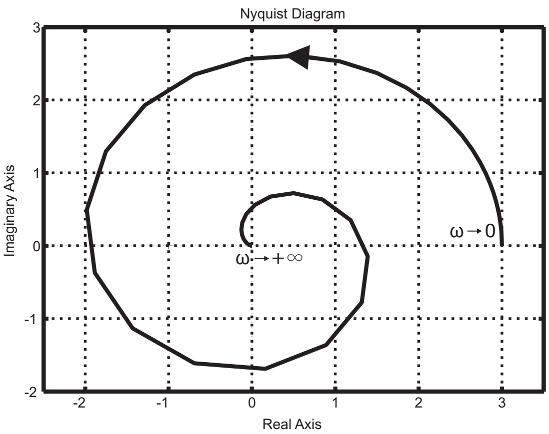
$$G_{R2}(s) = K_{R2} \cdot (1 + \frac{1}{2}s)$$

gegeben, die jeweils mit der Strecke zu einem Regelkreis mit negativer Rückführung zusammengeschlossen werden können.

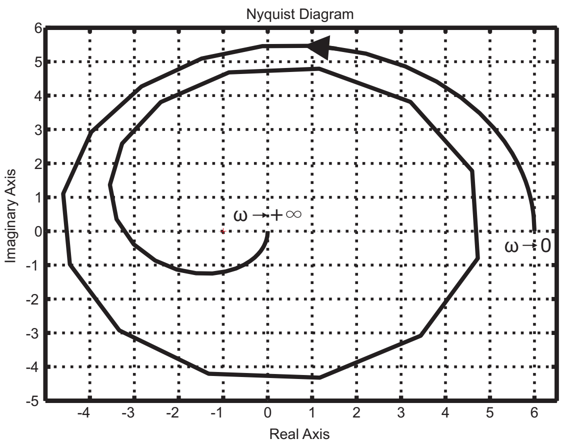
a) (2 Punkte)
Bestimmen Sie die Stabilität der Strecke und stellen Sie die Übertragungsfunktionen der beiden offenen Regelkreise auf.

b) (2 Punkte)
Kann das spezielle/vereinfachte Nyquistkriterium zur Bestimmung der Stabilität der geschlossenen Regelkreise verwendet werden? (Begründung erforderlich)

In Abbildung 5.1 sind die berechneten Ortskurven der offenen Regelkreise dargestellt. Im Folgenden soll das allgemeine Nyquistkriterium angewendet werden, um die Stabilität der geschlossenen Regelkreise zu bestimmen.



(a) Ortskurve des offenen Regelkreises mit G_{R1} als Regler



(b) Ortskurve des offenen Regelkreises mit G_{R2} als Regler

Abbildung 5.1: Ortskurven der offenen Regelkreise

c) (3 Punkte)
Berechnen Sie die Verstärkung K_S der Strecke und geben Sie die Verstärkungsfaktoren K_{R1} und K_{R2} der Regler unter Zuhilfenahme der Ortskurven an.

d) (3 Punkte)
Verwenden Sie das allgemeine Nyquistkriterium, um eine Aussage über die Stabilität der beiden geschlossenen Regelkreise zu treffen.

Es sind zwei neue stabile Strecken gegeben, die jeweils durch ein P-Übertragungselement mit negativer Rückführung geregelt werden. Die Ein-/Ausgangsverhaltensweisen der Strecken entsprechen einem PDT_3- (mit $T_1 < T_D$) bzw. einem IT_2-Übertragungselement.

e) (3 Punkte)
Zeichnen Sie qualitativ die Ortskurven der beiden offenen Regelkreise.

f) (3 Punkte)
Bewerten Sie die Stabilität der beiden geschlossenen Regelkreise in Abhängigkeit der Verstärkungen mit Hilfe des allgemeinen Nyquistkriteriums.

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