

NAME	
VORNAME	
MATRIKEL-NR.	

Aufgabe 1

(je 2 Punkte)

- a) Beschreiben Sie den Unterschied zwischen einer Steuerung und einer Regelung anhand eines Blockdiagramms.
- b) Wozu dient die experimentelle Modellbildung technischer Systeme?
- c) Geben Sie die grafische Darstellung dreier typischer Test-Signale der Systemdynamik sowie ihre Laplace-transformierte Beschreibung an und benennen Sie sie.
- d) Was ist eine Übergangsfunktion und in welcher Weise wird sie zur grafischen Beschreibung verwendet?
- e) Beschreiben Sie die Funktion von Stabilitätskriterien und benennen Sie drei.

Aufgabe 2

(je 2 Punkte)

- a) Die technische Realisierung einfacher Rückführungen kennt für SISO-Systeme drei verschiedene Grund-Arten von Übertragungsverhalten: proportional, differenzierend und integrierend. Geben Sie jeweils die Bode-Diagramme an. In welcher Weise unterscheiden sich die drei Übertragungsverhalten insbesondere für kleine Frequenzen?
- b) Was wird unter der Stabilität eines Übertragungssystems verstanden? Nennen Sie eine Methode zur experimentellen Bestimmung des Stabilitätsverhaltens.
- c) Geben Sie für ein PDT_2 -Übertragungselement die das Übertragungsverhalten beschreibende Differenzialgleichung sowie die Übertragungsfunktion für ein im Anfangszustand energiefreies System an. Skizzieren Sie außerdem die Sprungantwort (Übergangsfunktion) des PDT_2 Systems.
- d) Der Spindelantrieb einer Werkzeugmaschine wird näherungsweise durch ein PIT_1 -Übertragungsverhalten (Parameter K , T_I , T_1) beschrieben. Für eine Regelung mit Gegenkopplung stehen ein P-Regler (Parameter K_P) und ein PI-Regler (Parameter K_{PR} und T_{IR}) zur Verfügung.

Skizzieren Sie das prinzipielle Verhalten beider Regelkreise mit einer Wurzelortskurve und beschreiben Sie den Unterschied.

(Parameter: $K = T_I = T_{IR} = T_1 = 1$).

- e) Eine zu regelnde Strecke mit proportionalem Verhalten ist nicht näher bekannt. Eine detaillierte Modellbildung ist nicht möglich. Beschreiben Sie eine Vorgehensweise zur Implementierung und Einstellung eines PID-Reglers und benennen Sie das Verfahren.

Aufgabe 3

(je 2 Punkte)

- a) Geben Sie die Zustandsraumbeschreibung für das System

$$m\ddot{x} + d\dot{x} + kx = f(t) \quad (3.1)$$

an, wobei x gemessen wird.

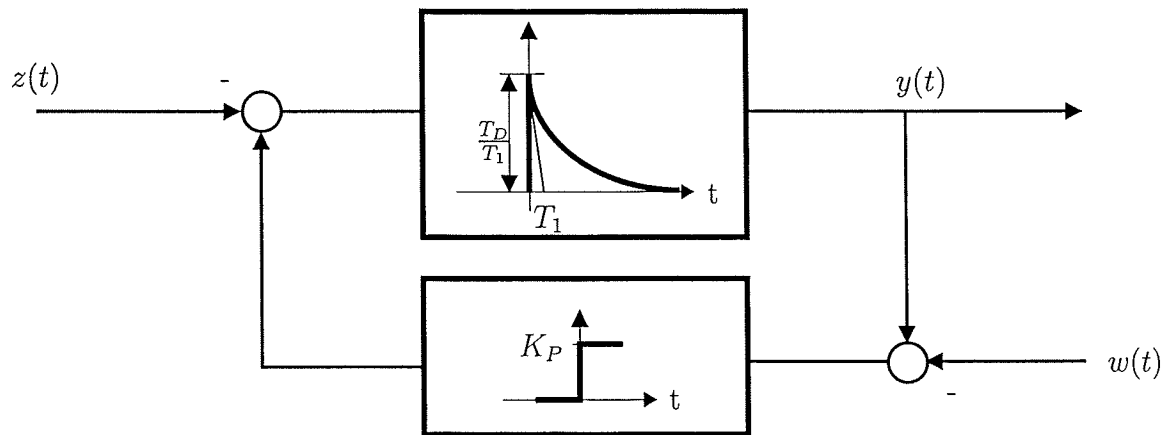
- b) Ein Übertragungselement mit rein integralem Übertragungsverhalten wird mit einem Übertragungselement mit rein proportionalem Übertragungsverhalten und mit negativer Rückkopplung geregelt. Welchen Charakter haben die Führungs- und Störungsübertragungsfunktionen (Annahme: die Störung wirkt zusammen mit der Stellgröße $u(t)$ auf die Regelstrecke, ist also kein Messrauschen)?

- c) Geben Sie für das System, das durch

$$4\ddot{x} - 5\dot{x} + 6x = f(t) \quad (3.2)$$

beschrieben wird, die charakteristische Gleichung an. Ist das System stabil?

- d) Gegeben sei das nachstehende Regelungssystem:



Berechnen Sie unter Nutzung des Grenzwertsatzes die bleibende Regelabweichung jeweils für sprungförmige Führungs- sowie für sprungförmige Störgröße.

- e) Geben Sie die Übertragungsfunktion zwischen $W(s)$ und $Y(s)$ sowie die zwischen $Z(s)$ und $Y(s)$ für das System in Abbildung 3.1 an.

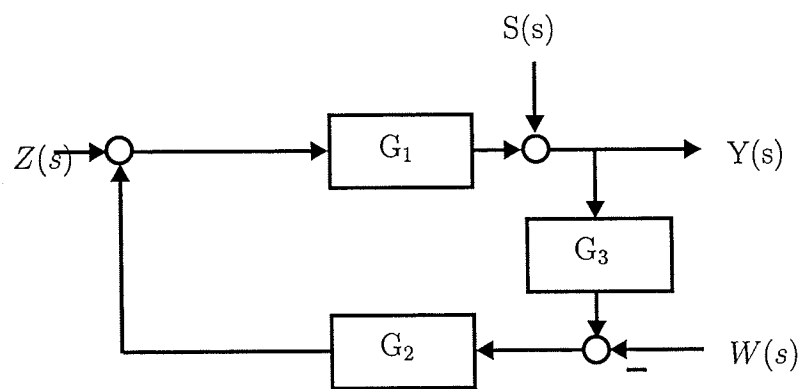


Abbildung 3.1: Blockschaltbild

(15 Punkte)

Ein System mit der Übertragungsfunktion

$$G_S = \frac{1}{1 + T_1 s}$$

wird mit Hilfe eines IT₁-Reglers

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

geregelt.

- Wie lautet die Übertragungsfunktion $G_0(s)$ des offenen Regelkreises und welche Pol- und Nullstellen weist sie auf?
- Welche Bedingung muss die Verstärkung K erfüllen, damit der geschlossene Regelkreis (negative Rückführung) stabil ist? Verwenden Sie für die Berechnung die Werte $T_1 = T_2 = 1$.
- Geben Sie die Gleichungen für den Amplitudengang $|G_0(j\omega)|$ und Phasengang $\phi_0(j\omega) = \arg G_0(j\omega)$ an.
- Wie groß ist die Amplitudendurchtrittsfrequenz ω_s für $T_1 = T_2 = 1$ und $K = 5/8$? Ist $\omega_s = 0.5$ die Lösung? Begründen Sie Ihre Antwort!
Wie groß ist der Phasenrand Φ_R ?
- Zeichnen Sie ein qualitatives Bodediagramm für die in d) gegebenen Zahlenwerte und tragen sie den Amplitudenrand A_R und den Phasenrand Φ_R ein.

Aufgabe 5

(15 Punkte)

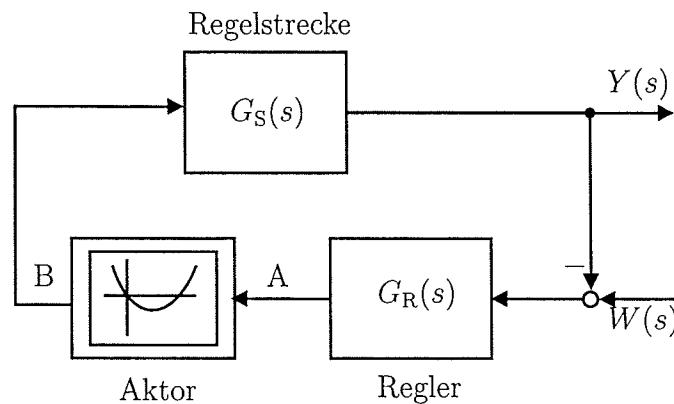


Abbildung 5.1: Regelkreis

Die Regelstrecke $G_S(s)$ wird durch die Übertragungsfunktion

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

beschrieben. Zur Regelung wird ein PDT₂-Regler

$$G_R(s) = \frac{s + 2}{(s + 1)(0.25s + 1)}$$

verwendet. Der Aktor wird durch eine nichtlineare statische Kennlinie beschrieben, die

$$B = \frac{1}{3}A^2 - A$$

ist.

- Bestimmen Sie die um den Arbeitspunkt A_0 linearisierte Übertragungsfunktion $G_0(s)$ des offenen Regelkreises sowie die statische Verstärkung K_{stat} .
- Zeichnen Sie die Pol-Nullstellenverteilung von $G_0(s)$ in der komplexen Zahlenebene.
- Zeichnen Sie die qualitative WOK des geschlossenen Kreises im gesamten Bereich $-\infty < A_0 < \infty$.
- Geben Sie die Zustandsraumbeschreibung für $G(s) = \frac{(s-1)(s+2)}{(s+5)(s+1)^3(s+4)}$ an. Ist das Systemverhalten stabil? Begründen Sie!

Aufgabe 6

(40 Punkte)

Zu untersuchen ist ein neuartiges Regelungskonzept für eine antriebstechnische Fragestellung auf Hybridbasis. Aus der gemessenen Ortskurve (Abb. 6.1) des offenen, zu regelnden Systems soll ein mathematisches Modell ermittelt und untersucht werden.

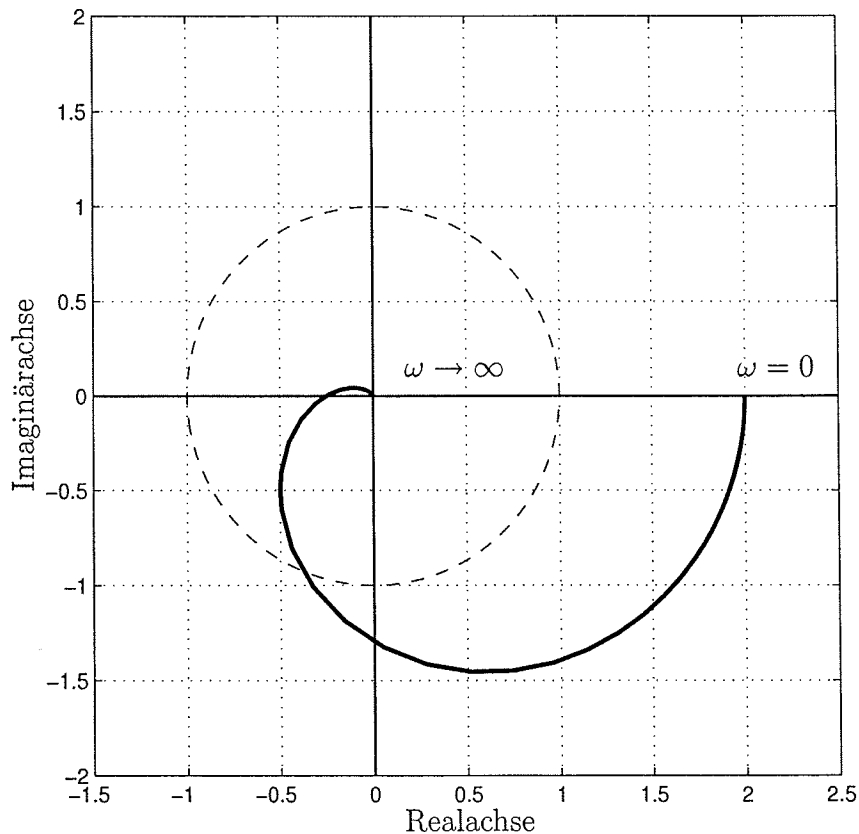


Abbildung 6.1: Gemessene Ortskurve

- Um was für ein Systemverhalten handelt es sich bei dem in Abbildung 6.1 angegebenen Verhalten? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Tragen Sie den Amplitudenrand A_R und den Phasenrand φ_R in die Abbildung ein und geben Sie die Werte an.
- Begründen Sie, ob das System stabil ist.
- Zur Regelung wird die Strecke mit einem Proportionalregler in Gegenkopplung geschlossen. Bestimmen Sie die kritische Verstärkung K_P .
Verwenden Sie die vereinfachende Annahme, dass die Zeitkonstanten des gemessenen Systems identisch sind.

Im Folgenden (vgl. Abb 6.2) ist die Pol-Nullstellenverteilung eines offenen Regelkreises mit Proportionalregler ($K_P = 1$) gegeben.

- e) Tragen Sie den charakteristischen Verlauf der Wurzelortskurve ein.
- f) Ist das System schwingungsfähig (Begründung!)?

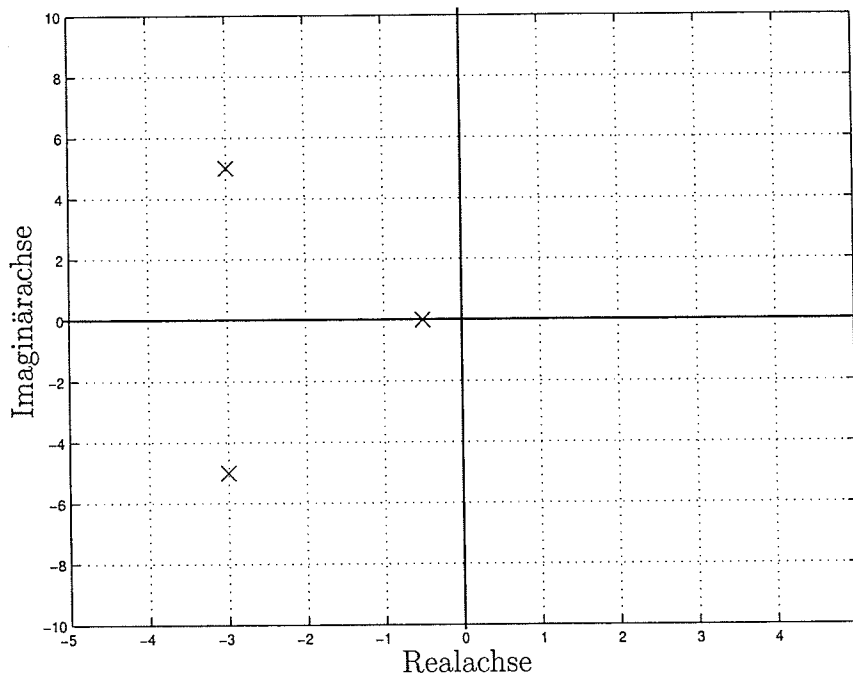


Abbildung 6.2: Pol- und Nullstellenverteilung

Gegeben sind die zwei Regler

Regler 1: $G_{R1}(s) = K_{R1} \left(1 + \frac{1}{5}s\right)$ und

Regler 2: $G_{R2}(s) = K_{R2} \frac{1+5s}{5s}$.

- g) Klassifizieren Sie beide Reglertypen.
- h) Verwenden Sie den ersten Regler G_{R1} anstatt des Proportionalreglers zur Regelung und prüfen Sie mit dem WOK-Verfahren, ob das System für alle K_{R1} stabil ist.
- i) Verwenden Sie zur Regelung der Strecke nun den zweiten Regler G_{R2} . Für welchen Wertebereich von K_{R2} ist das System stabil?

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