

Aufgabe 1: Allgemeines

a) Skizzieren Sie die Grundstruktur einer Regelung als Blockschaltbild. Ihre Skizze sollte folgende Komponenten enthalten:

- Regler
- Sensor
- Regelstrecke
- Stellglied

Achten Sie auch auf die korrekte Anordnung der Komponenten und auf die Vorzeichen bei evtl. auftretenden Summationsgliedern!

3P

b) Beschreiben Sie die wesentlichen Unterschied zwischen einer Regelung und einer Steuerung!

1.5 P

- c) Beurteilen Sie die folgende Aussage (3-4 Sätze). Gehen Sie dabei insbesondere darauf ein, ob die Aussage in der Praxis so korrekt ist, und wenn nein, warum nicht!

”Die Verwendung eines Reglers ist unnötig!

Da wir ein Modell der Regelstrecke haben, können wir auch ohne Regler schon im Voraus berechnen, welche Stellgröße wir brauchen, um den Sollwert zu erzielen.”

3.5P

Aufgabe 2: Systembeschreibung

- a) Systeme werden in der Regelungstechnik häufig durch lineare, zeitinvariante Differentialgleichungen beschrieben. Erklären Sie kurz (jeweils 1-2 Sätze), was für eine DGL gelten muss, damit sie linear und zeitinvariant ist!

2P

Erklärung für linear:

Erklärung für zeitinvariant:

- b) Betrachten Sie nun folgende DGL:

$$T^2 \ddot{y}(t) + 2dT\dot{y}(t) + y(t) = k \cdot u$$

wobei $u(t)$ die Eingangsgröße und $y(t)$ die Ausgangsgröße des Systems ist.

Systeme, die durch eine solche DGL beschrieben werden, haben in der Regelungstechnik einen speziellen Namen. Nennen Sie diesen!

1P

- c) Berechnen Sie die Laplace-Übertragungsfunktion für die DGL aus Teilaufgabe b)!

Hinweis: Der Rechenweg soll erkennbar sein. Angabe der Übertragungsfunktion ohne Rechenweg ist nicht ausreichend!

2P

- d) Das System, welches durch die DGL aus Teilaufgabe b) beschrieben wird, weist folgende Sprungantwort auf:

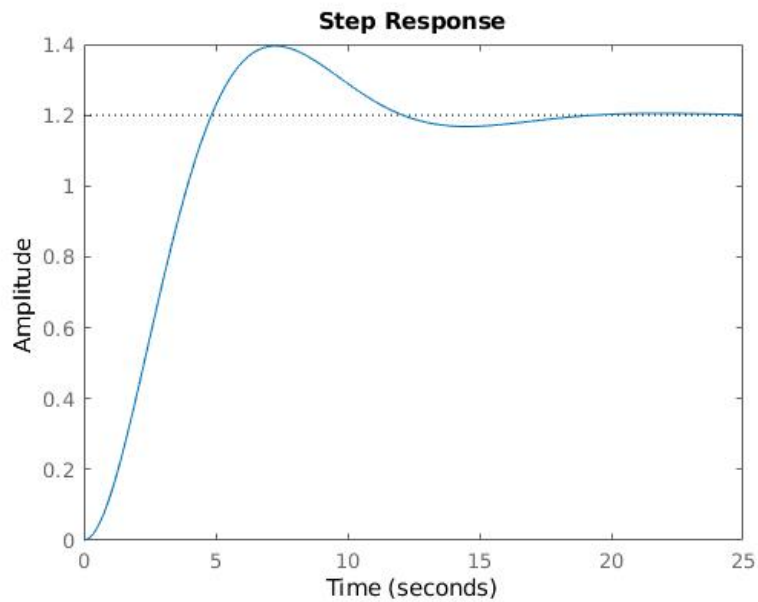


Figure 1: Sprungantwort

Welche Aussage können Sie aus dieser Sprungantwort für die Werte der Parameter k und d in der DGL treffen? Geben Sie exakte Werte an, wenn möglich. Wenn keine exakte Aussage möglich ist, geben Sie eine Abschätzung an (z.B. "größer als", "kleiner als").

2P

- e) Zeichnen Sie ein Signalflussbild (Blockdiagramm) für ein System mit der folgenden DGL:

$$\dot{y} = -3y + u$$

Verwenden Sie dabei ausschließlich die aus der Vorlesung bekannten Symbole für Integrator, Summation/Differenz und Proportionalverstärkung.

1P

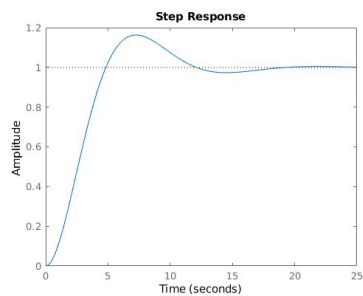
Aufgabe 3: Systemeigenschaften und Stabilität

a) Geben Sie die Definition der BIBO-Stabilität an! Vervollständigen Sie hierzu folgenden Satz:

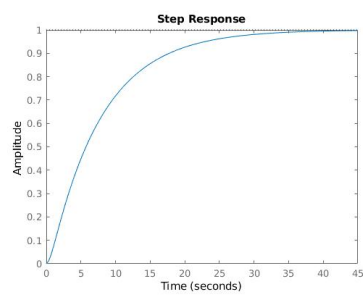
Ein System ist BIBO stabil, wenn...

1P

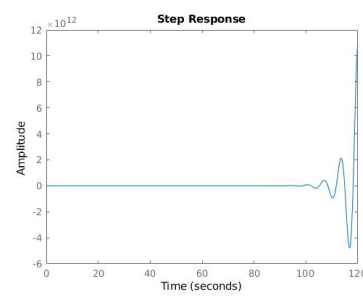
b) Im Folgenden sehen Sie drei Sprungantworten. In der Tabelle darunter sind drei Konfigurationen von Systempolen angegeben. Ordnen Sie jeder Polkonfiguration die passende Sprungantwort zu, indem Sie A, B oder C ankreuzen. Begründen Sie die Zuordnung. (Jede Zuordnung erfordert eine Begründung. Eine Zuordnung nach "Ausschlussverfahren" gibt keine Punkte.)



(a) Sprungantwort A



(b) Sprungantwort B

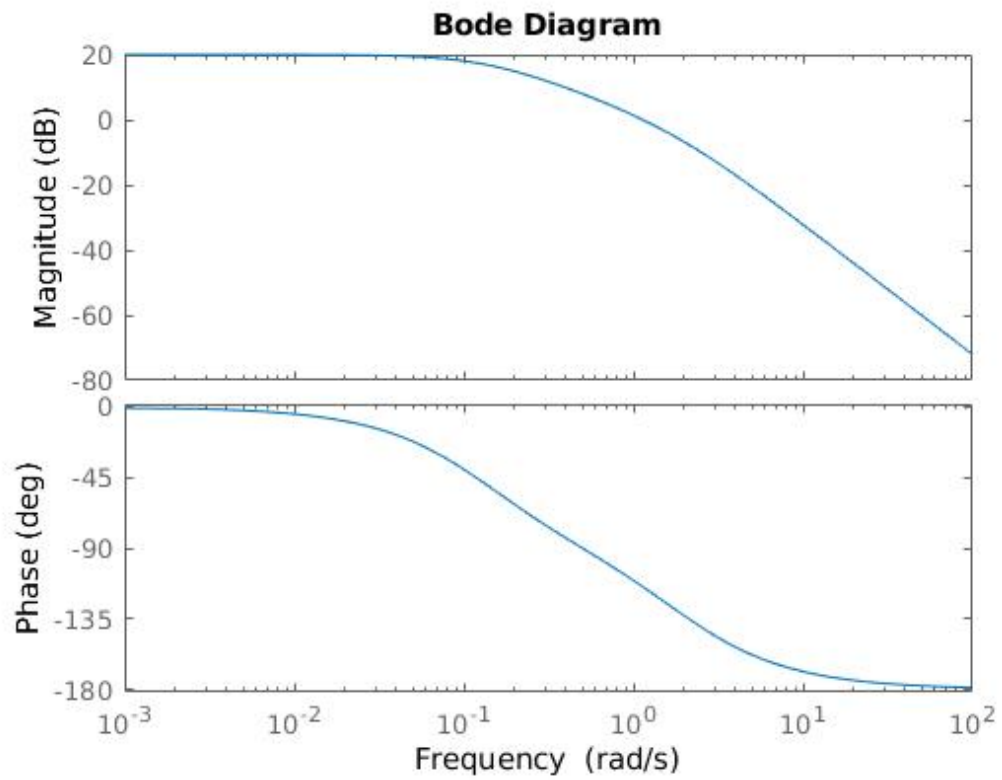


(c) Sprungantwort C

Polkonfiguration	A	B	C	Begründung
$s_{12} = -0.375 \pm 0.3307j$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
$s_1 = -1.866, s_2 = -0.134$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
$s_{12} = 0.25 \pm 0.9682j$	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

3P

- c) Im Folgenden sehen Sie das Bode-Diagramm eines offenen Regelkreises. Zeichnen Sie die Phasenreserve $\Delta\varphi$ ein und geben Sie $\Delta\varphi$ (ungefähr) zahlenmäßig an! Was muss für die Phasenreserve gelten, damit der geschlossene Regelkreis stabil ist (bei Rückkopplung mit Verstärkungsfaktor 1)?



2P

- d) Das Hurwitzkriterium basiert auf der Berechnung der Unterdeterminanten der Hurwitzmatrix. In manchen Fällen erlaubt das Kriterium jedoch auch ohne Determinantenberechnung eine Stabilitätsaussage. Welche Fälle sind dies und welche Stabilitätsaussage gilt für diese Fälle?

2P

Aufgabe 4: Regler und Reglerentwurf

a) Betrachten Sie folgende Berechnungsvorschrift für einen Regler:

$$u(t) = K_P \left(e(t) + T_V \cdot \frac{d}{dt} e(t) + \frac{1}{T_N} \int_0^t e(\tau) d\tau \right)$$

hierbei ist $e(t)$ die Soll-Istwert-Abweichung (Regelfehler) und $u(t)$ die Stellgröße, die durch den Regler ausgegeben wird. Wie nennt man einen Regler dieser Art?

Zeichnen Sie ein Strukturdiagramm (Signalflussplan) dieses Reglers! Verwenden Sie dazu die aus der Vorlesung bekannten Blöcke Integrator, Proportionalverstärkung, Differenzierer und Summationsglied.

3P

- b) Nehmen Sie an, Sie sollen auf einem Microcontroller eine Regelung programmieren. Der Regler soll folgender Berechnungsvorschrift folgen:

$$u(t) = 0.23 \cdot e(t) + 0.1 \cdot \frac{d}{dt}e(t)$$

hierbei ist $e(t)$ die Soll-Istwert-Abweichung (Regelfehler) und $u(t)$ die Stellgröße, die durch den Regler ausgegeben wird. Zur Implementierung des Reglers wird eine Funktion `control_output()` geschrieben. Die Funktion erhält als Übergabeparameter die aktuelle Regelabweichung `e_now` sowie die Regelabweichung aus dem vorigen Zeitschritt `e_last`. Die Funktion soll den Wert der Stellgröße u zurückgeben. Der Regeltakt (d.h. der Abstand zwischen zwei Funktionsaufrufen) beträgt 10ms.

Schreiben Sie eine Funktion, um die oben beschriebene Berechnungsvorschrift zeitdiskret implementiert! Verwenden Sie C-Syntax oder C-ähnlichen Pseudocode. Nutzen Sie folgende Vorlage:

```
double control_output(double e_now, double e_last)
{

    return u;
}
```

Table 1: Lösungsvorlage zu Teilaufgabe (b)

3P

c) Für folgende Regelstrecke soll ein PI-Regler entworfen werden:

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

Der Regler soll nach dem Betragsoptimum eingestellt werden.

Berechnen Sie die entsprechende Übertragungsfunktion $R(s)$ für den Regler (Hinweis: Verwenden Sie die Tabelle im Anhang).

2P

Aufgabe 5: Verschiedenes

- a) Sie entwickeln ein Regelungssystem für einen Prozess in der Chemieindustrie. Die Parameter des Prozesses hängen dabei stark von der Qualität der verwendeten Rohstoffe ab. Die Rohstoffqualität schwankt von Charge zu Charge. Eine Vorab-Untersuchung der Rohstoffe ist aus Zeitgründen nicht möglich, da die Rohstoffe schnell verarbeitet werden müssen. Sie wissen daher vor Beginn des Prozesses nicht, wie die Prozessparameter ausfallen. Sie kennen lediglich einen ungefähren Bereich, innerhalb dessen die Prozessparameter liegen können.

Sie haben in Kapitel 7 der Vorlesung verschiedene fortgeschrittene Regelungsverfahren kennengelernt. Welches dieser Verfahren würden Sie im hier beschriebenen Fall anwenden? Begründen Sie ihre Wahl und erklären Sie das Wirkprinzip des von Ihnen gewählten Verfahrens! (Hinweis: Eine geeignete Skizze kann hier hilfreich sein, um Schreibaufwand zu sparen.)

3P

- b) Sie sollen die Parameter eines Systems identifizieren. Dazu wird eine Reihe von Messungen durchgeführt. Diese werden in folgender Matrixgleichung zusammengefasst:

$$\underline{y} = \underline{M} \cdot \underline{\theta}$$

Hierbei ist \underline{M} eine Matrix aus Messwerten, \underline{y} der Vektor der zugehörigen gemessenen Ausgangsgrößen, und $\underline{\theta}$ der Parametervektor. Geben Sie im folgenden eine Formel an, mit der sich die Least-Squares Parameterschätzung $\hat{\underline{\theta}}$ aus \underline{M} und \underline{y} berechnen lässt:

$$\hat{\underline{\theta}} =$$

Warum ist eine Lösung durch gewöhnliche Matrixinversion bei Problemen dieser Art meist nicht möglich?

2P

- c) Geben Sie die Matrixgleichungen an, mit denen ein System in Zustandsraumdarstellung beschrieben wird. Nennen Sie den Namen der jeweiligen Matrizen!

3P