



## Regelungs- und Systemtechnik 1 – Übungsklausur 20

---

Bearbeitungszeit: 120 Min

### Modalitäten

- Es sind **keine Hilfsmittel** zugelassen.
- Bitte schreiben Sie mit dokumentenechtem Schreibgerät (Tinte oder Kugelschreiber).
- Zur Lösung der Aufgaben ist der freie Platz<sup>1</sup> nach den jeweiligen Aufgaben vorgesehen; bei Bedarf werden Ihnen weitere Lösungsblätter ausgehändigt.
- Für alle Berechnungen sind die **Lösungswege** darzustellen. Die alleinige Angabe eines Ergebnisses wird als Lösung nicht bewertet.

---

<sup>1</sup>In der Übungsklausur ist dieser Platz nicht enthalten

# Regelungs- und Systemtechnik 1 – Übungsklausur 20

## Aufgabe 1

18 Punkte

Gegeben sind die Zeitverläufe in Abb. 1 und die Laplace-transformierten von sechs Signalen:

$$F_1(s) = \frac{(4s^2 + 4s - 3)}{4(s^2 + s + \frac{5}{4})^2}$$

$$F_5(s) = \frac{2}{(s - \frac{3}{20})^2 + 4}$$

$$F_2(s) = \frac{12}{(2s + 1)(5s + 4)}$$

$$F_6(s) = \frac{1}{(s - \frac{3}{20})^2 + 1}$$

$$F_3(s) = \frac{2500s^4 + 2125s^3 + 12500s^2 + 4575s + 7878}{s(25s^2 + 10s + 26)(25s^2 + 10s + 101)}$$

$$F_4(s) = \frac{2500s^5 + 4000s^4 + 14125s^3 + 13800s^2 + 11183s + 5252}{s(s + 1)(25s^2 + 10s + 26)(25s^2 + 10s + 101)}$$

Ordnen Sie den Laplace-transformierten jeweils das zugehörige Signal zu!  
(Begründen Sie Ihre Aussagen!)

*Hinweis:* Betrachten Sie die Pollage, den Anfangs- und den Endwertsatz soweit zulässig.

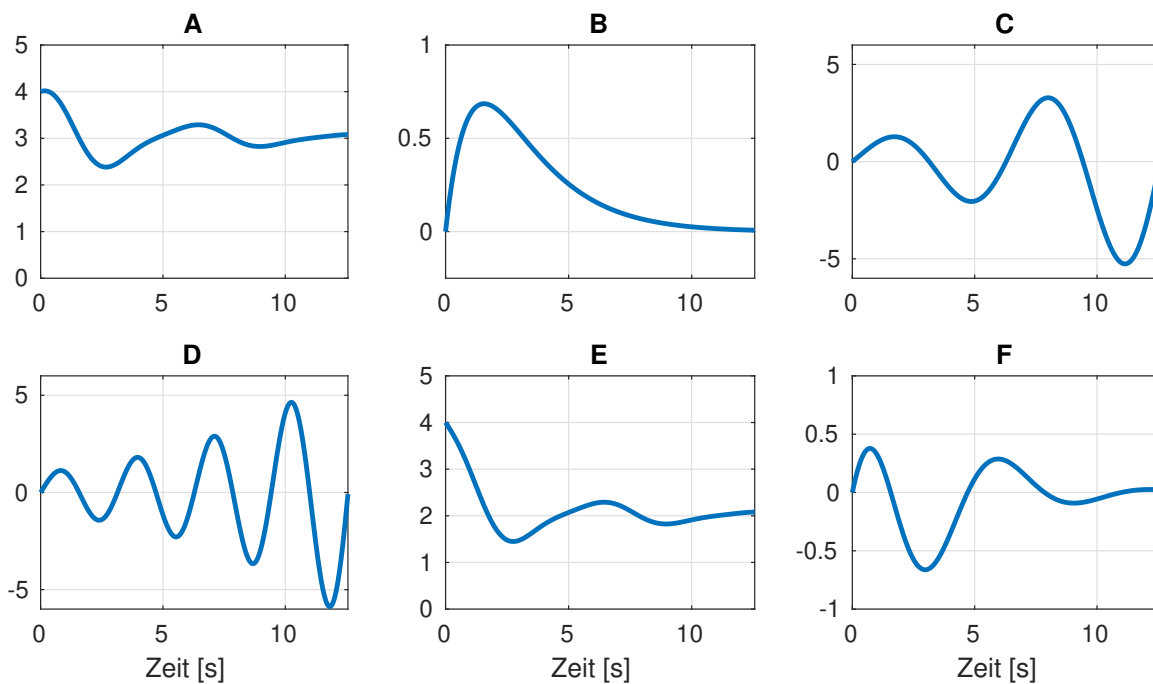


Abbildung 1: Zeitverläufe der Signale

# Regelungs- und Systemtechnik 1 – Übungsklausur 20

## Aufgabe 2

17 Punkte

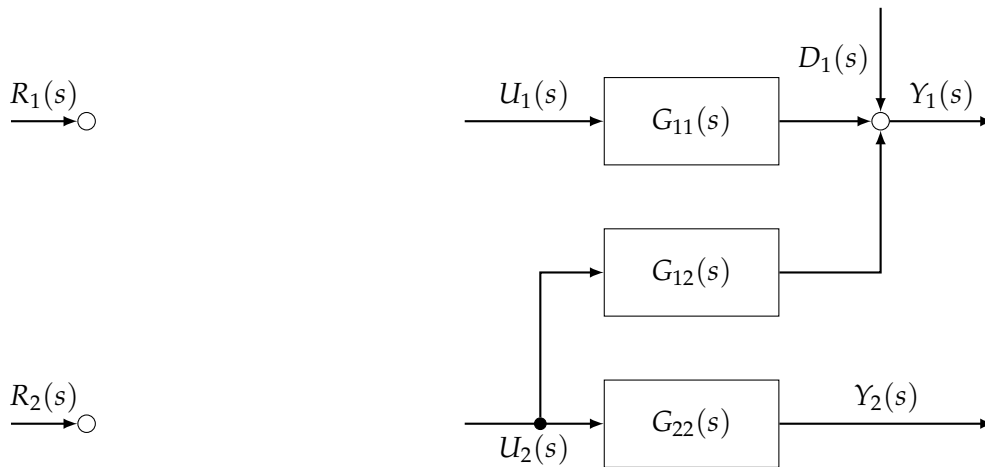


Abbildung 2: Blockschaltbild

Gegeben ist das Blockschaltbild in Abb. 2 mit:

$$G_{11}(s) = 2 \frac{s-2}{s(\frac{1}{10}s+1)}, \quad G_{12}(s) = 10 \frac{3s+1}{100s+1}, \quad G_{22}(s) = \frac{1}{(20s+1)^2}.$$

Folgende Regelgesetze kommt zur Anwendung:

$$\begin{aligned} U_1(s) &= C_{11}(s)E_1(s) + C_{12}(s)E_2(s), \\ U_2(s) &= C_{22}(s)E_2(s) \end{aligned}$$

wobei für die Regelfehler gilt:  $E_i(s) = R_i(s) - Y_i(s)$ ,  $i = 1, 2$ .

- Erweitern Sie das Blockschaltbild in Abb. 2 um die o. g. Regler!
- Bestimmen Sie  $Y_1(s)$  in Abhängigkeit von  $E_1(s)$  und  $E_2(s)$ !
- Wie muss der Regler  $C_{12}(s)$  gewählt werden, damit  $Y_1(s)$  lediglich von  $R_1(s)$  abhängt?
- Welchen Relativgrad muss der Regler  $C_{22}(s)$  dafür mindestens aufweisen?

Im Folgenden wird angenommen, dass  $C_{12}(s)$  wie in (c) gewählt wurde.

- Geben Sie Bedingungen für die Führungsübertragungsfunktion  $T(s) = \frac{Y_1(s)}{R_1(s)}$  an, so dass  $T(s)$  mit  $G_{11}(s)$  implementierbar ist!
- Geben Sie für die folgenden ausgangsseitigen Störübertragungsfunktionen an, ob sie mit  $G_{11}(s)$  implementierbar sind! (Begründen Sie Ihre Aussage!)

$$S_{oA}(s) = \frac{(\frac{1}{2}s+1)(4s+1) - (\frac{1}{2}s-1)}{(\frac{1}{2}s+1)(4s+1)},$$

$$S_{oB}(s) = \frac{(\frac{1}{2}s+1)(4s+1) - (\frac{1}{2}s+1)}{(\frac{1}{2}s+1)(4s+1)},$$

$$S_{oC}(s) = \frac{(\frac{1}{2}s+1)(4s+1) - (\frac{1}{2}s-1)}{(\frac{1}{2}s+1)(4s-1)}$$

# Regelungs- und Systemtechnik 1 – Übungsklausur 20

---

## Aufgabe 3

23 Punkte

Gegeben sind die Bode-Diagramme in Abb. 3 und die parametrisierte Übertragungsfunktion

$$G(s) = p_1 \frac{p_2 s + 1}{(p_3^2 s^2 + 2d p_3 s + 1)(p_4 s + 1)}, \quad p_1, p_2, p_3, p_4 \in \mathbb{R}.$$

Die Übertragungsfunktion ist BIBO-stabil mit  $d = 0.2$ . Die anderen Parameter sind unbekannt.

- Welches Bode-Diagramm gehört zu  $G(s)$ ? (Begründen Sie ihre Antwort!)
- Bestimmen Sie anhand des gewählten Bodediagramms die Parameter  $p_1, p_2, p_3, p_4 \in \mathbb{R}$ !
- Sei nun  $p_2 = -1$  und  $p_4 = \frac{1}{3}$  und  $p_1, p_3 > 0$ . Gegeben ist der Standardregelkreis mit Strecke  $G(s)$  und Regler

$$C(s) = \frac{k (p_3^2 s^2 + 2d p_3 s + 1)}{p_1 s(s + 1)}.$$

Bestimmen Sie alle Werte  $k \in \mathbb{R}$  für welche der resultierende Regelkreis intern stabil ist!

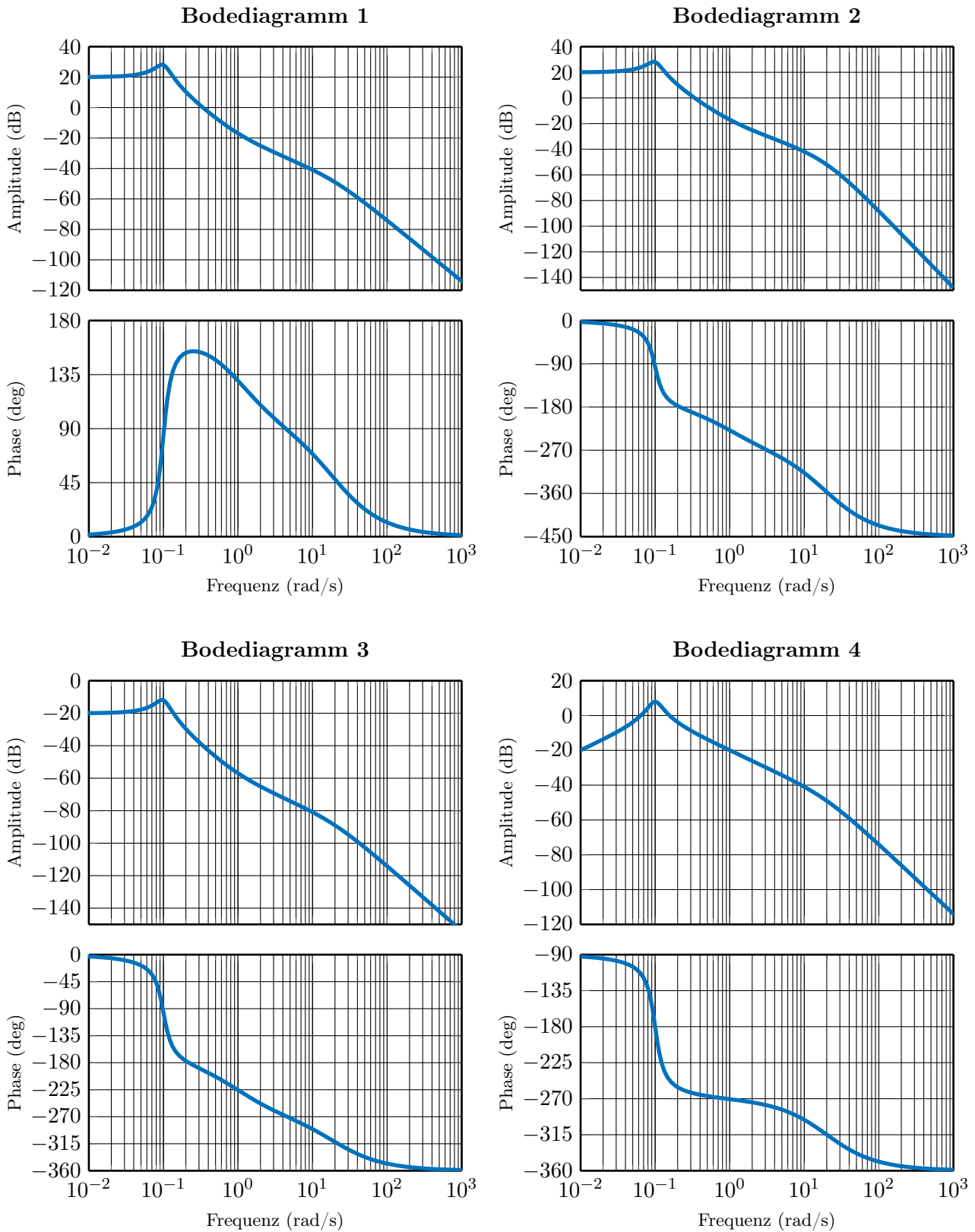


Abbildung 3: Bodediagramme

# Regelungs- und Systemtechnik 1 – Übungsklausur 20

---

## Aufgabe 4

20 Punkte

Gegeben ist der Standardregelkreis mit Regelstrecke  $G(s)$  und Regler  $C_1(s)$ , mit

$$G(s) = \frac{-s + 1}{(2s + 1)(s + 1)}, \quad C_1(s) = 4 \frac{(s + 1)(s + \frac{1}{2})}{s(s + 2)}.$$

- Zeigen Sie, dass die offene Kette vom einfachen Typ ist!
- Geben Sie die Führungsübertragungsfunktion  $T_1(s)$  an!
- Berechnen Sie die Schnittfrequenz  $\omega_s$  und die Phasenreserve  $\phi_r$  der offenen Kette!  
*Hinweis:* für  $\alpha > 0$  gilt:  $\arctan(\alpha) = 90^\circ - \arctan(\frac{1}{\alpha})$
- Warum ist der Reglerentwurf ungeeignet?
- Entwerfen Sie einen realisierbaren PD-Regler  $C_2(s)$  mit dem Kompensationsverfahren, so dass die Sprungantwort der Führungsübertragungsfunktion  $T_2(s)$  eine Anstiegszeit  $t_r = 3$  und Überschwingweite  $M_p = 0$  besitzt!  
*Hinweis:* Nehmen Sie dabei an, dass die offene Kette vom einfachen Typ ist!

$\phi [^\circ]$	$\phi [rad]$	$\tan(\phi)$
$\approx 14^\circ$		$\frac{1}{4}$
$\approx 20^\circ$		$\frac{1}{3}$
$\approx 25^\circ$		$\frac{1}{2}$
$30^\circ$	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$
$45^\circ$	$\frac{\pi}{4}$	1
$60^\circ$	$\frac{\pi}{3}$	$\sqrt{3} \approx \frac{5}{3}$

Tabelle 1: Wertetabelle der Tangensfunktion mit Rechenregeln