# Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 27

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[1] 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.

## Aufgabe 1

**14 Punkte**

Die Dynamik eines isotherm arbeitenden Pneumatikzylinders mit einer Kammer ist gegeben durch:

$$\dddot{y} = \left(-\ddot{y}\,\dot{y} - 2\dot{y}\,y + u + \dot{y}\,d\right)\left(y+1\right)^{-1} - 3\dot{y} - \dot{d},$$

wobei $u(t)$ der regulierbare Massenstrom ist und $d(t)$ eine unbekannte Störkraft darstellt.

a) Bestimmen Sie die stationären Lösungspaare $(y^*, u^*)$ für die konstante Störkraft $d = 0$!

b) Linearisieren Sie die Dynamik am allgemeinen Betriebspunkt $(y^*, u^*, d^*)$!

c) Geben Sie die linearisierte Differentialgleichung für $(y^*, u^*, d^*) = (1, 0, 0)$ in Ein-Ausgangsdarstellung an!

d) Geben Sie die Übertragungsfunktionen $G_1(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$ und $G_2(s) = \frac{Y(s)}{D(s)}$ an!

e) Bestimmen Sie jeweils die Pol- und Nullstellen von $G_1(s)$ und $G_2(s)$!

Falls Sie Aufgabe c) nicht lösen konnten, verwenden Sie:

$$G_3(s) = \frac{-s + 0,01}{s(s^2+4)} \quad \text{und} \quad G_4(s) = \frac{1}{400}\,\frac{(s+10)^2}{s^2+1}$$

f) Ordnen Sie den Amplitudengängen $|G_1(j\omega)|$ und $|G_2(j\omega)|$ jeweils einen Amplitudengang aus Abb. 1 zu! (Begründen Sie Ihre Auswahl!)
Falls Sie Aufgabe c) nicht lösen konnten, verwenden Sie auch hier $G_3(s)$ und $G_4(s)$.

[1] In der Übungsklausur ist dieser Platz nicht enthalten

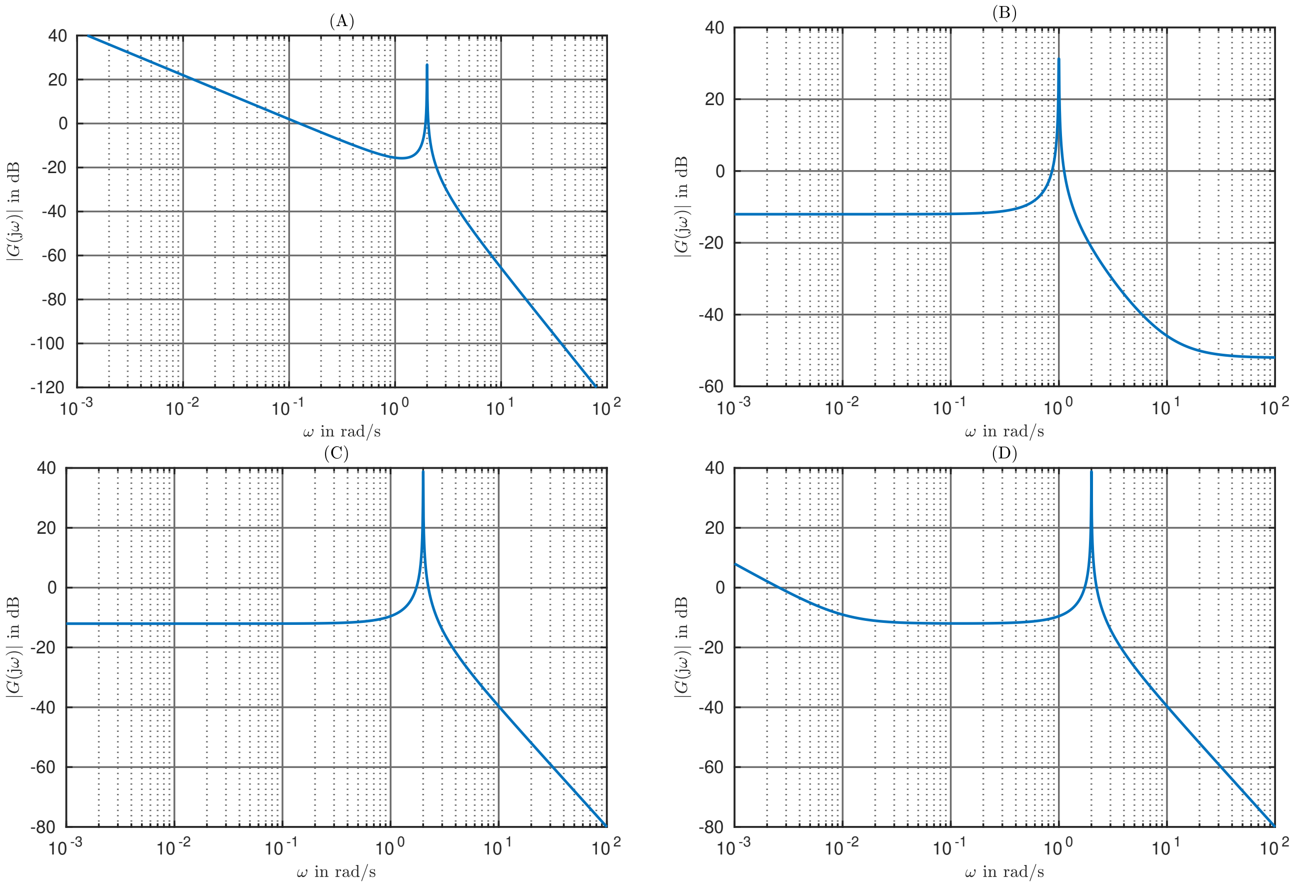



Abbildung 1: Auswahl von Amplitudengängen.

## Aufgabe 2

**18 Punkte**

Gegeben sind die Übertragungsfunktionen

$$G_1(s) = \frac{-6(s-2)}{(s+3)(s+4)(s+1)}, \qquad G_2(s) = \frac{18(s+2)}{(s^2+3,6s+36)},$$

$$G_3(s) = \frac{-18(s-2)}{(s^2+3,6s+36)}, \qquad G_4(s) = \frac{9(s-2)^2}{(s^2+3,6s+36)}.$$

a) Bringen Sie die Übertragungsfunktionen auf Zeitkonstantenform und geben Sie jeweils deren stationäre Verstärkung und ggf. Frequenz und Dämpfung des konjugierten Polpaars an!

b) Ordnen Sie jeder Übertragungfunktion eine Sprungantwort aus Abb. 3 zu! (Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich!)

c) Markieren Sie an jeder Orskurve in Abb. 2 den Ast der positiven Frequenzen und ordnen Sie jeder Übertragungfunktion eine Ortskurve zu! (Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich!)

d)[1] Betrachten Sie den Standardregelkreis mit Regelstrecke der Ortskurve B und P-Regler $C(s) = K_P$. Bestimmen Sie durch Auswertung des Nyquist-Kriteriums dasjenige Intervall $K_P \in \mathbb{R}$, für das das Führungsverhalten im geschlossenen Regelkreis BIBO-stabil ist! (Diese Aufgabe ist unabhänging von der vorherigen Teilaufgaben lösbar.)
*Hinweis: Berücksichtigen Sie auch negative Verstärkungen.*

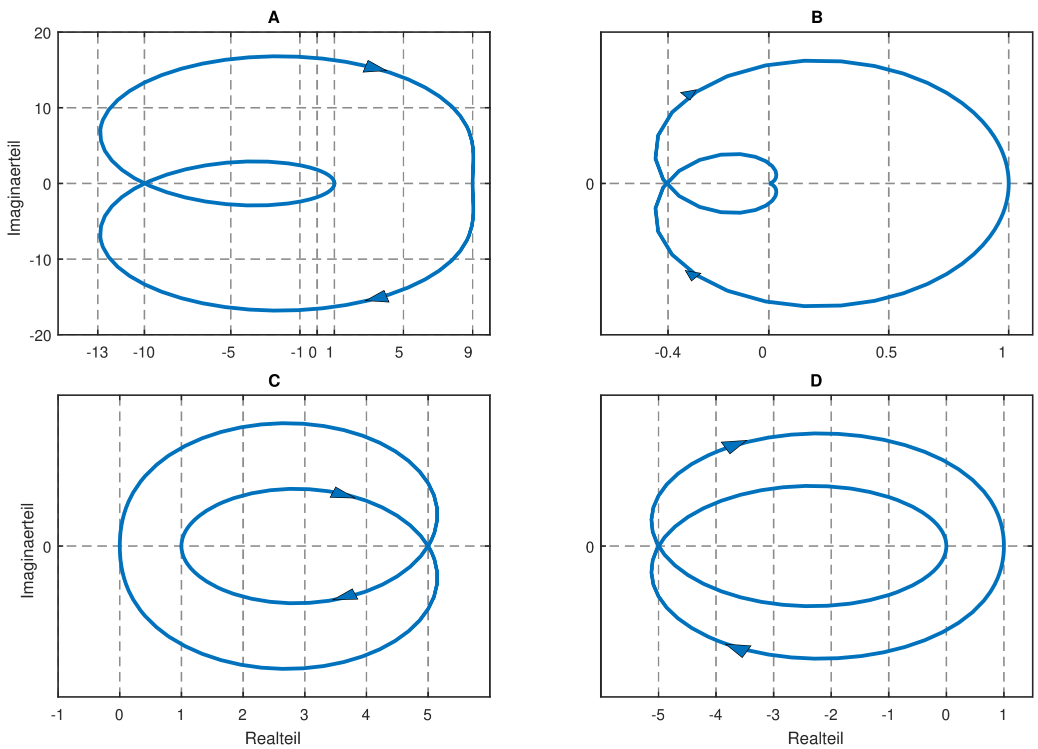



Abbildung 2: Auswahl an Ortskurven

[1] Dieser Aufgabenteil ist unabhängig von vorherigen Teilaufgaben lösbar.

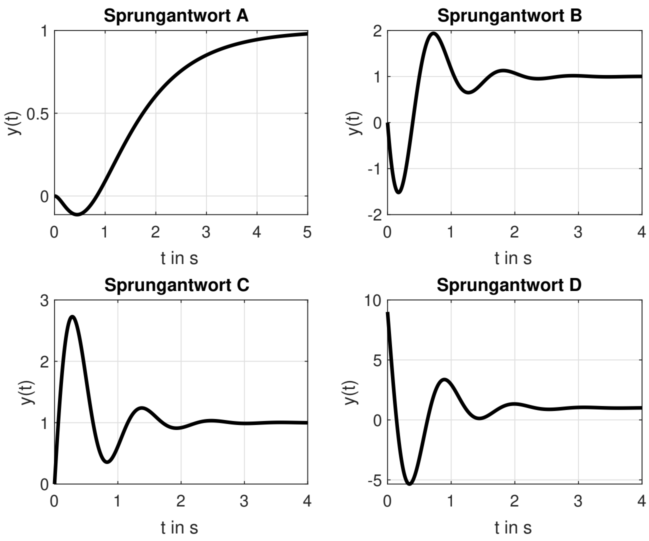



Abbildung 3: Auswahl an Sprungantworten

## Aufgabe 3

**17 Punkte**

Gegeben ist der Standardregelkries mit Regelstrecke der Übetragungsfunktion

$$G(s) = \frac{3\,(s-30)}{40\,(s+\frac{1}{10})\,(s+\frac{9}{4})}.$$

a) Geben Sie $G(s)$ in Zeitkonstantenform an!

b) Entwerfen Sie einen Regler der Form

$$C(s) = K\,\frac{\tau_1 s + 1}{s\,(\tau_2 s + 1)}$$

mit dem Kompensationsverfahren so, dass sich für die offene Kette eine Schnittfrequenz von $\omega_\mathrm{s} = 3\,\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}}$ ergibt!
Nutzen Sie $\tau_2$, um die zugehörige Knickfrequenz eine Dekade größer als $\omega_\mathrm{s}$ zu wählen und stellen Sie sicher, dass die Verstärkug der offenen Kette positiv ist!

c) Skizzieren Sie das Bode-Diagramm der offenen Kette $L(s) = G(s)C(s)$ in das Raster in Abb. 4! Bestimmen Sie dafür sowohl die Verstärkung als auch die Knickfrequenzen und Lage der Pol- und Nullstellen!
*Hinweis: Approximieren Sie den Amplitudengang mit dessen Asymptoten und nutzen Sie:* $\frac{9}{4} \approx 2$.

d) Zeigen Sie, dass die offene Kette vom einfachen Typ ist!

e) Ist die Führungsübertragungsfunktion BIBO-stabil? Welche Anstiegszeit $t_\mathrm{r}$ erwarten Sie? (Begründen Sie Ihre Aussagen!)

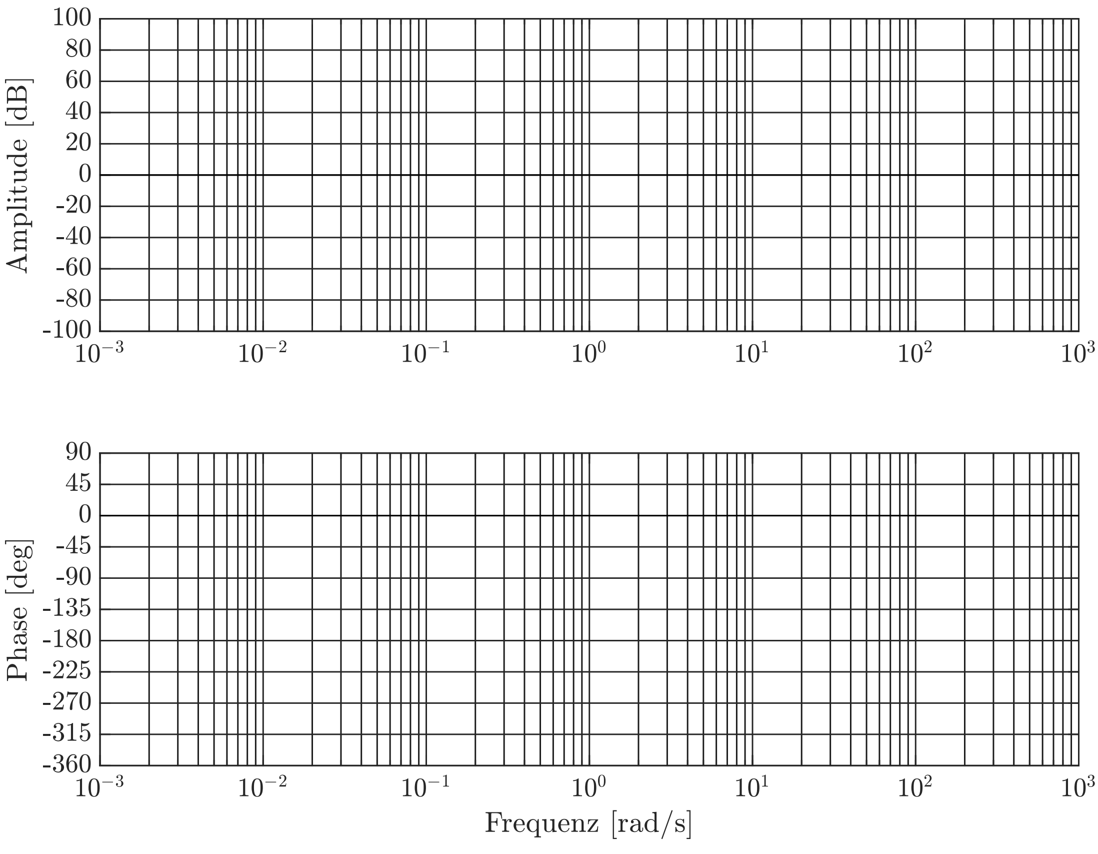
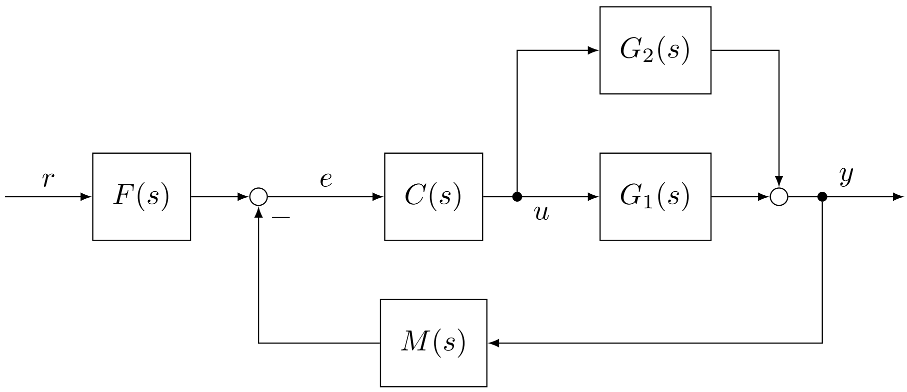



Abbildung 4: Raster für Bode-Diagramm der offenen Kette.

## Aufgabe 4

**12 Punkte**

Betrachtet wird der folgende Regelkreis, wobei die Regelstrecke durch Parallelschaltung von $G_1(s)$ und $G_2(s)$ gebildet wird.




a) Bestimmen Sie allgemein die Führungsübertragungsfunktion $T(s) = \frac{Y(s)}{R(S)}$ sowie die Stellsensitivität $S_u(s) = \frac{U(s)}{R(S)}$!

b) Bestimmen Sie die Reglerübertragungsfunktion $C(s)$, die für diese Architektur ein vorgegebenes Führungsübertragungsverhalten $T(s)$ per direktem Entwurf implementiert!

Gegeben sind nun die folgenden Übertragungsfunktionen

$$G_1(s) = \frac{-s+2}{s+1}, \quad G_2(s) = 1, \quad F(s) = \frac{s-1}{s+1}, \quad M(s) = 1.$$

c) Prüfen Sie für jede der folgenden Führungsübertragungsfunktionen $T_i(s)$, ob sie mit der Regelstrecke und direktem Reglerentwurf implementierbar ist:

$$T_1(s) = -\frac{1-s}{s+1}, \quad T_2(s) = \frac{2-s}{s+1}, \quad T_3(s) = \frac{-1}{(s+1)^2}, \quad T_4(s) = \frac{s-2}{s(s+1)}.$$

d) Bestimmen Sie für jede implementierbaren Führungsübertragungsfunktion den jeweiligen Regler $C_i(s)$! Vereinfachen Sie soweit wie möglich!
*Hinweis: Falls Sie (b) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit* $C(s) = \frac{T}{(G_2-2G_1)(T+F)}$.