

Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übungsklausur 9

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 Platz¹ 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

28 Punkte

In Abb. 1 sind die Pol-Nullstellen-Diagramme von 6 verschiedenen Übertragungsfunktionen dargestellt (x bezeichnet Polstellen, o bezeichnet Nullstellen).

In Abb. 2 sind die Sprungantworten der Übertragungsfunktionen in vermischter Folge gegeben.

- Bestimmen Sie die Pol- und Nullstellen der 6 Übertragungsfunktionen und geben sie die Übertragungsfunktionen in Zeitkonstantenform an!
Hinweis: Setzen Sie die Verstärkung jeweils auf $K = 1$.
- Welche der Übertragungsfunktionen sind BIBO-stabil? (Begründen Sie Ihre Aussage!)
- Welche der Übertragungsfunktionen sind minimalphasig? (Begründen Sie Ihre Aussage!)
- Ordnen Sie jedem Pol-Nullstellen-Diagramm aus Abb. 1 die zugehörige Sprungantwort aus Abb. 2 zu und begründen Sie jeweils Ihre Auswahl!

¹In dieser Übungsklausur ist der freie Platz nicht enthalten.

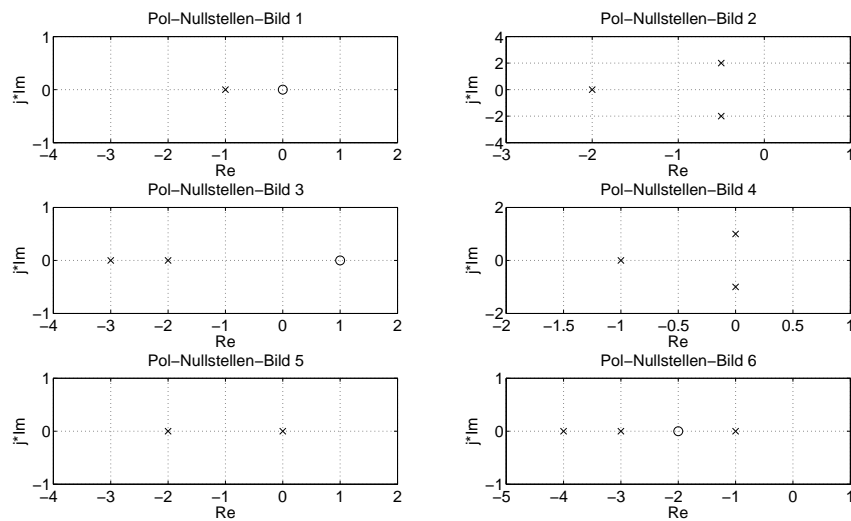


Abbildung 1: Pol-Nullstellen-Bilder

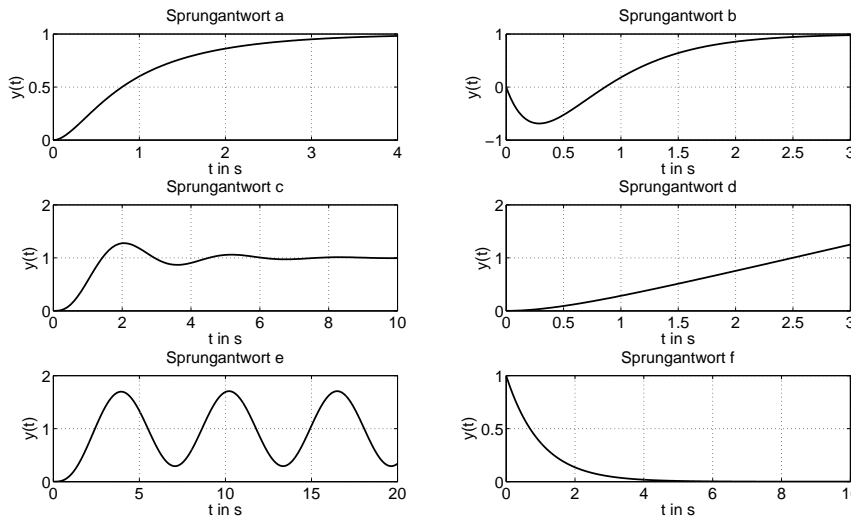


Abbildung 2: Sprungantworten

Aufgabe 2

14 Punkte

Gegeben ist der in Abbildung 3 dargestellte Frequenzgang einer unbekanntem Regelstrecke $G(s)$.

- Wie groß ist der Relativgrad r der Übertragungsfunktion $G(s)$? (Begründen Sie Ihre Antwort!)
- Identifizieren Sie die Lage der Pol- und Nullstellen anhand des Verlaufs von Betrags- und Phasengang! Zeichnen Sie die Asymptoten gemäß Ihrer vermuteten Struktur im Amplitudengang ein und ermitteln Sie die Knickfrequenzen der Pol- und Nullstellen!
Hinweis: Es liegen keine Polstellen mit positivem Realteil vor.
- Bestimmen Sie die Verstärkung und geben Sie $G(s)$ in Zeitkonstantenform an!
- Ist das System minimalphasig? (Begründen Sie Ihre Aussage!)

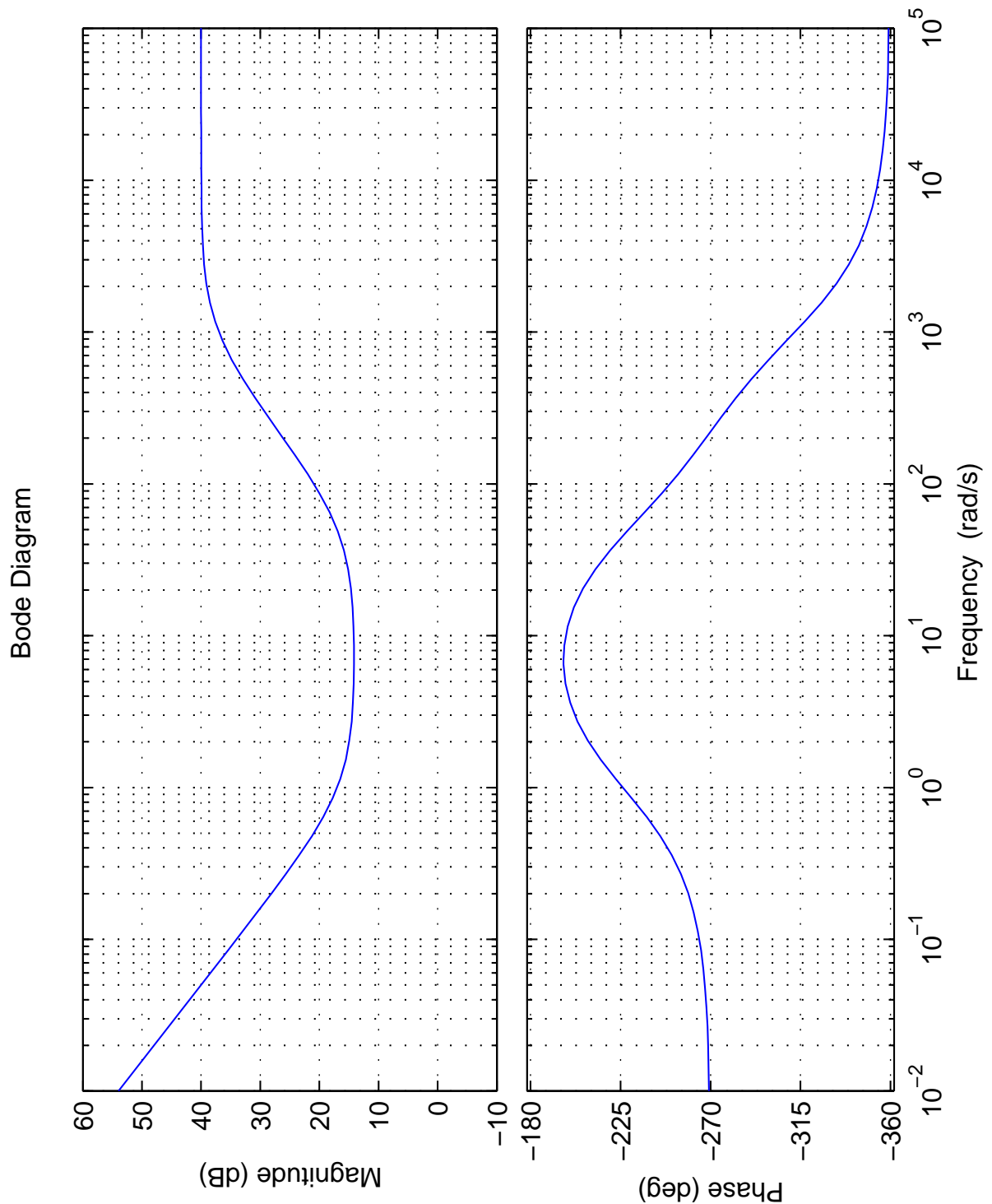


Abbildung 3: Frequenzgang der Übertragungsfunktion $G(s)$.

Aufgabe 3

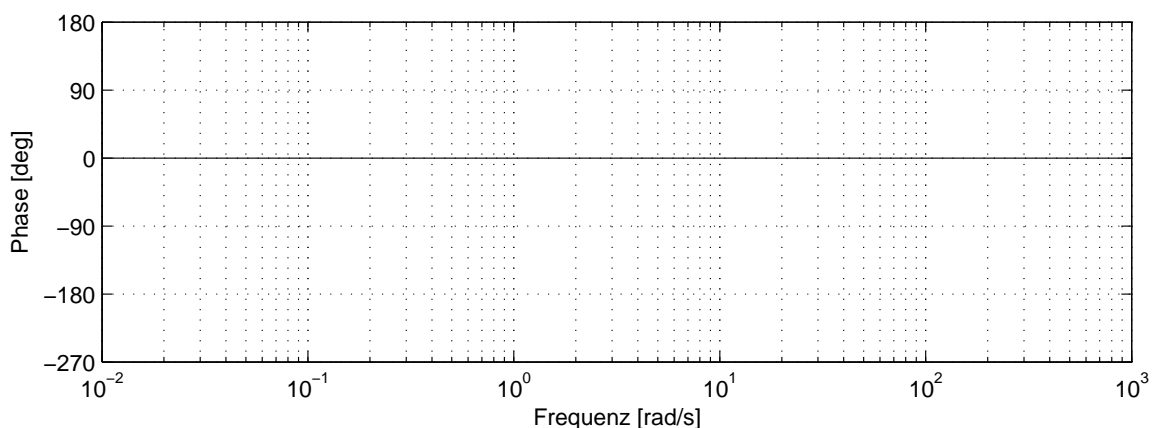
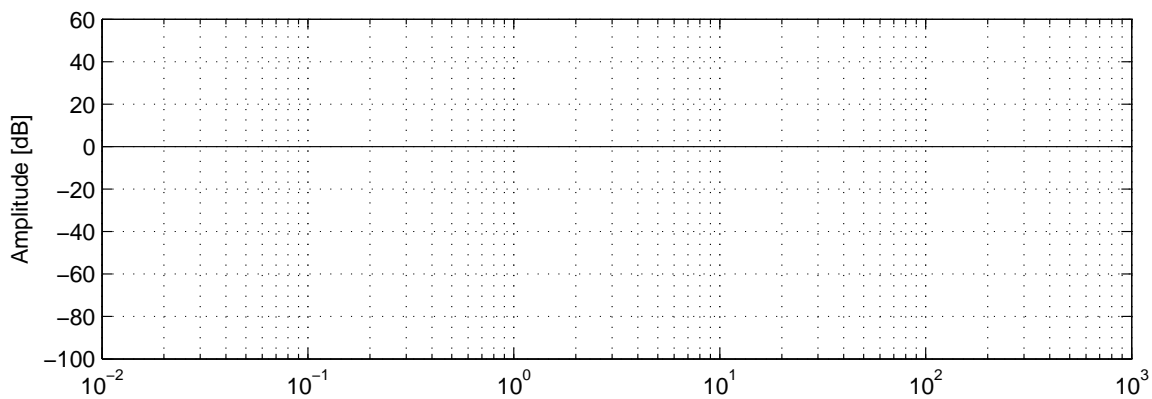
26 Punkte

Die Regelstrecke mit Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{5}{(s+5)(s+10)}$$

soll mit einem PI-Regler im Standardregelkreis betrieben werden.

- Geben Sie die Übertragungsfunktion des PI-Reglers in Zeitkonstantenform an und bestimmen Sie dessen Zeitkonstanten nach dem Kompensationsverfahren!
- Skizzieren Sie das Bode-Diagramm der resultierenden offenen Kette $L(s)$ für die Reglerverstärkung $K = 1$ in das Raster auf Seite 4!
Hinweis: Skizzieren Sie den Betragsfrequenzgang mittels Asymptoten.
- Zeigen Sie, dass die offene Kette für $K > 0$ vom einfachen Typ ist!
- Welche Schnittfrequenz wählen Sie für die offene Kette, wenn eine Anstiegszeit t_r von etwa $0,15[s]$ gefordert wird?
- Bestimmen Sie die Verstärkung des PI-Reglers, so dass die Spezifikation erfüllt wird!
- Welche Überschwingweite erwarten Sie dann für das Führungsverhalten $T(s)$ im geschlossenen Regelkreis? (Begründen Sie Ihre Aussage!)
- Welcher stationäre Regelfehler ergibt sich für konstante Führungsgrößen? (Begründen Sie Ihre Aussage!)



Aufgabe 4

18 Punkte

Gegeben ist der Standardregelkreis mit der Regelstrecke

$$G(s) = \frac{5}{(3s + 1)(2s + 1)(s + 1)}$$

und dem P-Regler

$$C(s) = K_p.$$

- Bestimmen Sie mit dem **Hurwitz-Kriterium** denjenigen Wertebereich der Verstärkung $K_p \in \mathbb{R}$, für den das Führungsverhalten BIBO-stabil ist!
- Abbildung 4 zeigt die Ortskurven der offenen Kette für zwei unterschiedliche Werte von K_p und für $\omega \geq 0$.
Bestimmen Sie die zwei Werte K_{p1} , K_{p2} und die zugehörigen stationären Verstärkungen (falls diese existieren) der Führungsverhalten im geschlossenen Regelkreis!
- Welcher der beiden Regelkreise ist robuster? (Begründen Sie Ihre Aussage!)

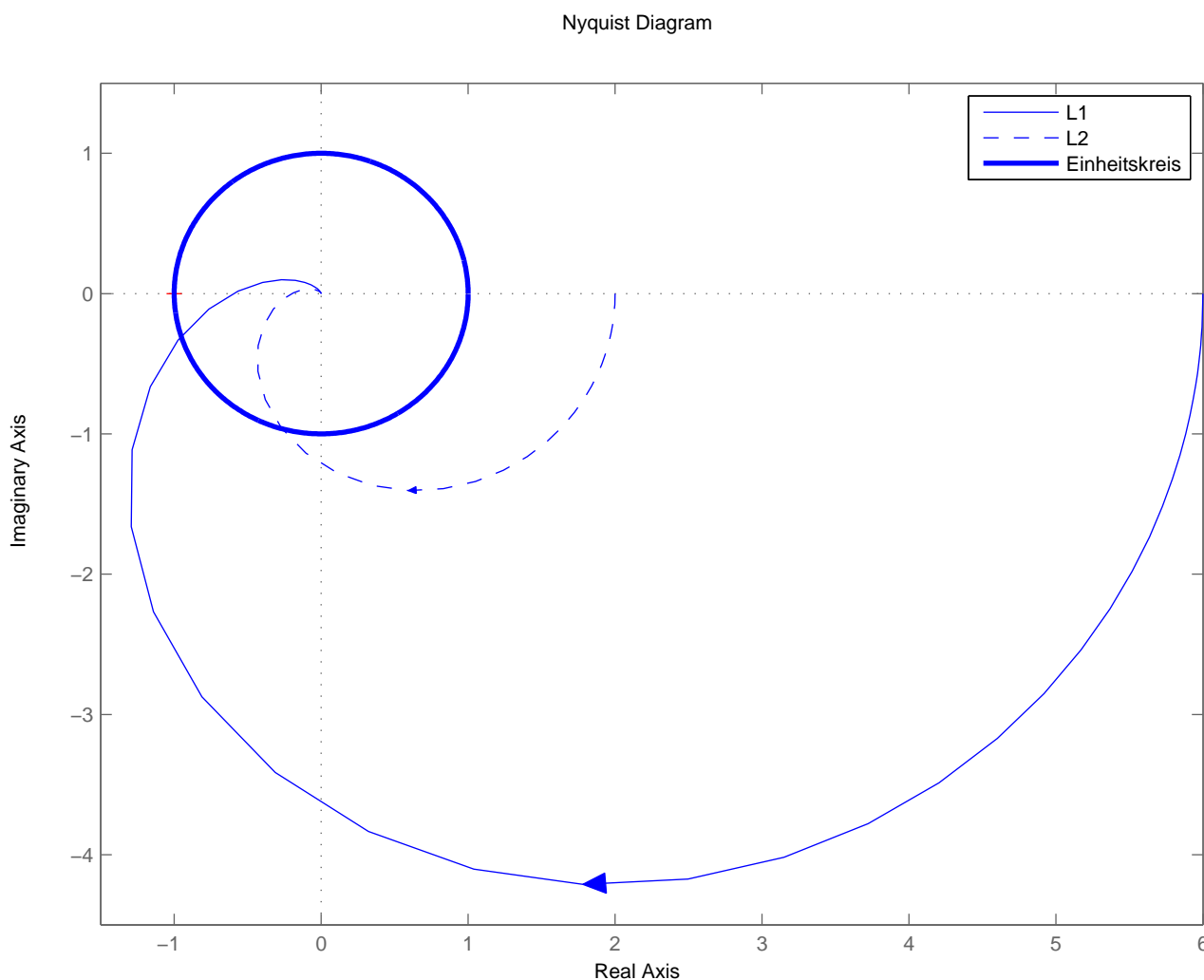


Abbildung 4: Ortskurven der offenen Ketten $L_1(j\omega)$ und $L_2(j\omega)$.

Aufgabe 5

20 Punkte

Die Achse eines elektromagnetischen Linearantriebs kann vereinfacht mit der Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{K}{s(1+s\tau)}$$

mit $K = 10$ und $\tau = 5$ angegeben werden.

Mittels direkten Reglerentwurfs soll das Führungsverhalten

$$T(s) = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta\omega_0s + \omega_0^2}$$

mit $\zeta, \omega_0 \in \mathbb{R}$ realisiert werden, so dass bei einem Führungssprung von $r_{\max} = 5$ die maximale Stellgröße von $u_{\max} = 10$ nicht überschritten wird.

- Skizzieren Sie den Standardregelkreis mit Regler $C(s)$ und Strecke $G(s)$ mit allen Ein-/ und Ausgangssignalen!
- Ist $T(s)$ im Standardregelkreis mit $G(s)$ implementierbar? Begründen Sie Ihre Aussage und geben Sie gegebenenfalls Bedingungen für $\zeta, \omega_0 \in \mathbb{R}$ an!
- Bestimmen Sie die Reglerübertragungsfunktion $C(s)$, die $T(s)$ mit $G(s)$ implementiert!
- Bestimmen Sie die Stellsensitivität $S_u(s)$! Wie müssen die Parameter ω_0 und ζ gewählt werden, so dass der Anfangswert der Stellgröße für maximale Führungssprünge innerhalb der erlaubten Schranken bleibt?