Regelungs- und Systemtechnik 1 - Übung 5

Sommer 2016

Vorbereitung

Wiederholen Sie Vorlesungs- und Übungsinhalte zu folgenden Themen:

- Skizzieren des Bode-Diagramms elementarer Terme
- Zeitkonstantenform (Beiblatt *Normalformen von Übertragungsfunktionen*)
- Beiblatt *Rechenregeln zum Frequenzgang*
- Beiblatt *Standardübertragungsglieder*
- Beiblatt *P-T_2 Glied*

Aufgabe 1 (zu Hause vorzubereiten)[1]

Bestimmen Sie die Null- bzw. Polstellen der nachfolgenden Funktionen und skizzieren Sie deren Bode-Diagramme für $\tau = 10$ in die Zeichenraster in Abbildung 1.

Hinweise: Drücken Sie Z_2, N_1 und N_2 jeweils durch Z_1 aus und verwenden Sie die Rechenregeln für den Amplituden- und Phasengang aus der Vorlesung (oder dem Beiblatt). Beachten Sie, dass der Amplitudengang doppelt logarithmisch aufgetragen wird. Verwenden Sie Asymptoten zum Skizzieren der Amplitudengänge.

a) $Z_1(s) = \tau s + 1$

b) $N_1(s) = \dfrac{1}{\tau s + 1}$

c) $Z_2(s) = -\tau s + 1$

d) $N_2(s) = \dfrac{1}{-\tau s + 1}$

Aufgabe 2 (zu Hause vorzubereiten)[1]

Bestimmen Sie die Null- bzw. Polstellen der nachfolgenden Funktionen und skizzieren Sie deren Bode-Diagramme für $\zeta \in [0, 1],\ \omega_0 = 10$.

Hinweise: Gehen Sie dabei vor wie in Aufgabe 1.

a) $Z_3(s) = 1 + 2\zeta \frac{s}{\omega_0} + \frac{s^2}{\omega_0^2}$

b) $N_3(s) = \dfrac{1}{1 + 2\zeta \frac{s}{\omega_0} + \frac{s^2}{\omega_0^2}}$

c) $Z_4(s) = 1 - 2\zeta \frac{s}{\omega_0} + \frac{s^2}{\omega_0^2}$

d) $N_4(s) = \dfrac{1}{1 - 2\zeta \frac{s}{\omega_0} + \frac{s^2}{\omega_0^2}}$

[1] Zu diesen Aufgaben werden in der Übung lediglich die Ergebnisse diskutiert.

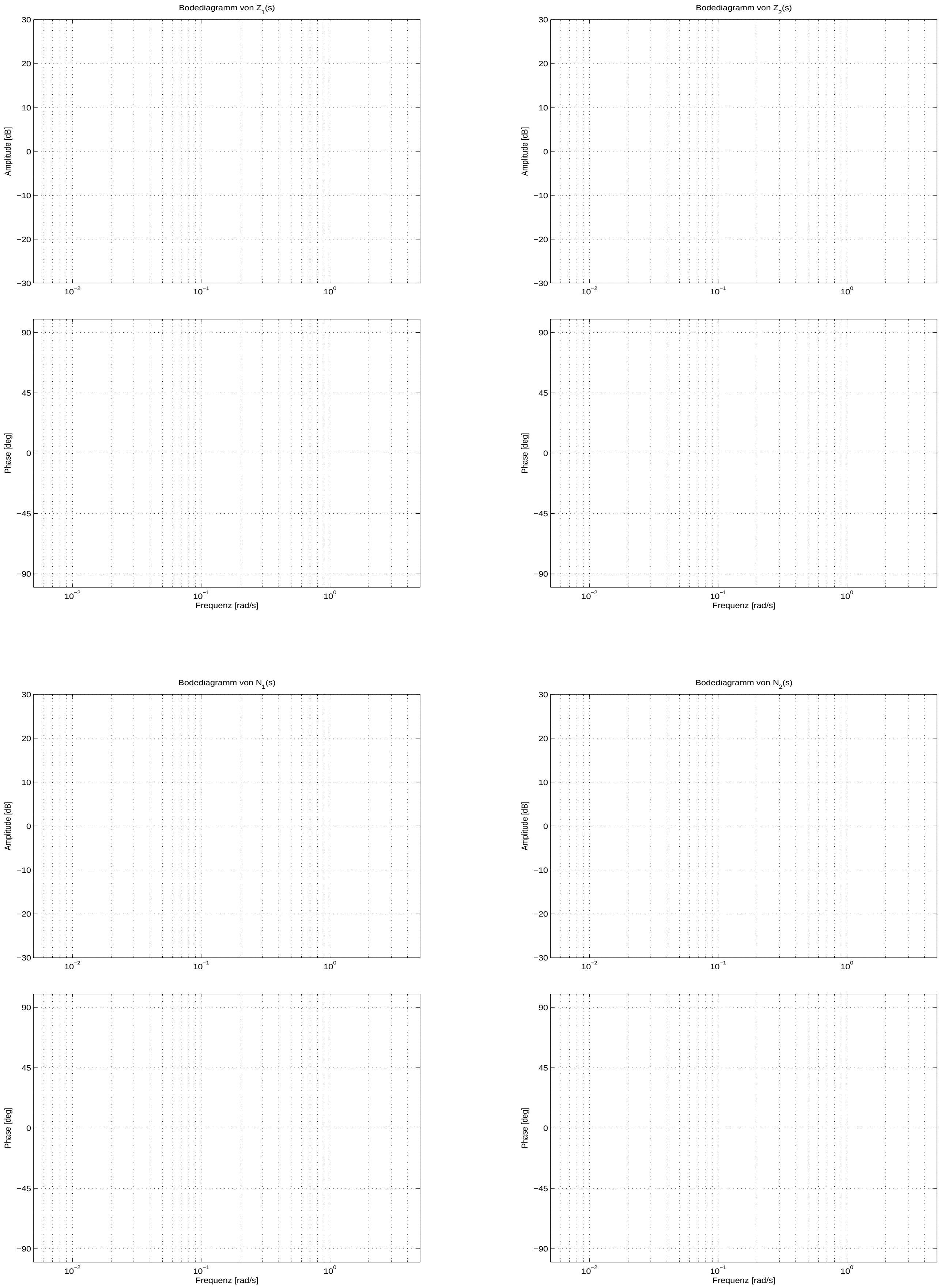

Abbildung 1: Zeichenraster für Aufgabe 1

Aufgabe 3

Skizzieren Sie die Bode-Diagramme folgender Übertragungsfunktionen.

Hinweise: Bringen Sie die Übertragungsfunktionen zunächst auf Zeitkonstantenform und konstruieren Sie die Bode-Diagramme aus den elementaren Gliedern. Verwenden Sie Asymptoten zum Skizzieren der Amplitudengänge.

a) $G_1(s) = \dfrac{10^4 s + 10^3}{s^2 + 101s + 100}$

b) $G_2(s) = \dfrac{4s + 2}{s^2 + 10s}$

c) $G_3(s) = \dfrac{10^5 s - 10^4}{s^2 + 14s + 100}$

d) $G_4(s) = \dfrac{100 - 10s + s^2}{100 + 10s + s^2}$ (Zur Lernkontrolle nach der Übung)

e) $G_5(s) = \dfrac{10s}{s + 10}$ (Zur Lernkontrolle nach der Übung)

— Teil 2 —

Aufgabe 4 (zu Hause vorzubereiten)

Skizzieren Sie die Bode-Diagramme der folgenden Übertragungsfunktionen.

a) $G_1(s) = \dfrac{s+1}{\frac{s}{10}+1}$

b) $G_2(s) = \dfrac{s-1}{\frac{s}{10}+1}$

c) $G_3(s) = \dfrac{-s-1}{\frac{s}{10}-1}$

d) Betrachten Sie die Phasengänge von G_1, G_2, G_3. Welches Übertragungsglied hat die geringste Phasenänderung?

e) Geben Sie ein weiteres Übertragungsglied an, das denselben Amplitudengang wie $G_1(s)$ hat.

Aufgabe 5

Hintergrund: Falls für eine Regelstrecke eine physikalische Modellbildung nicht möglich ist, so kann das Übertragungsverhalten auch experimentell identifiziert werden. Für stabile Prozesse kann der Frequenzgang experimentell ermittelt werden, indem die Regelstrecke mit sinusförmigen Signalen mit verschiedenen Frequenzen angeregt wird. Anhand der gemessenen Ausgangssignale kann der Amplituden- und Phasengang punktweise aufgenommen werden. Aus einem so aufgenommenen Bode-Diagramm kann dann die Übertragungsfunktion (grob) approximiert werden.

In Abbildung 2 sind Amplituden- und Phasengang eines unbekannten BIBO-stabilen Übertragungsgliedes dargestellt. Identifizieren Sie das Übertragungsverhalten.

a) Aus welchen elementaren Übertragungsgliedern setzt sich diese Serienschaltung zusammen?

b) Welchen Wert hat die stationäre Verstärkung K?

c) Zeichnen Sie entsprechend der vermuteten Struktur die Asymptoten an den Amplitudengang und bestimmen Sie die Koeffizienten der einzelnen Terme der Übertragungsfunktion.

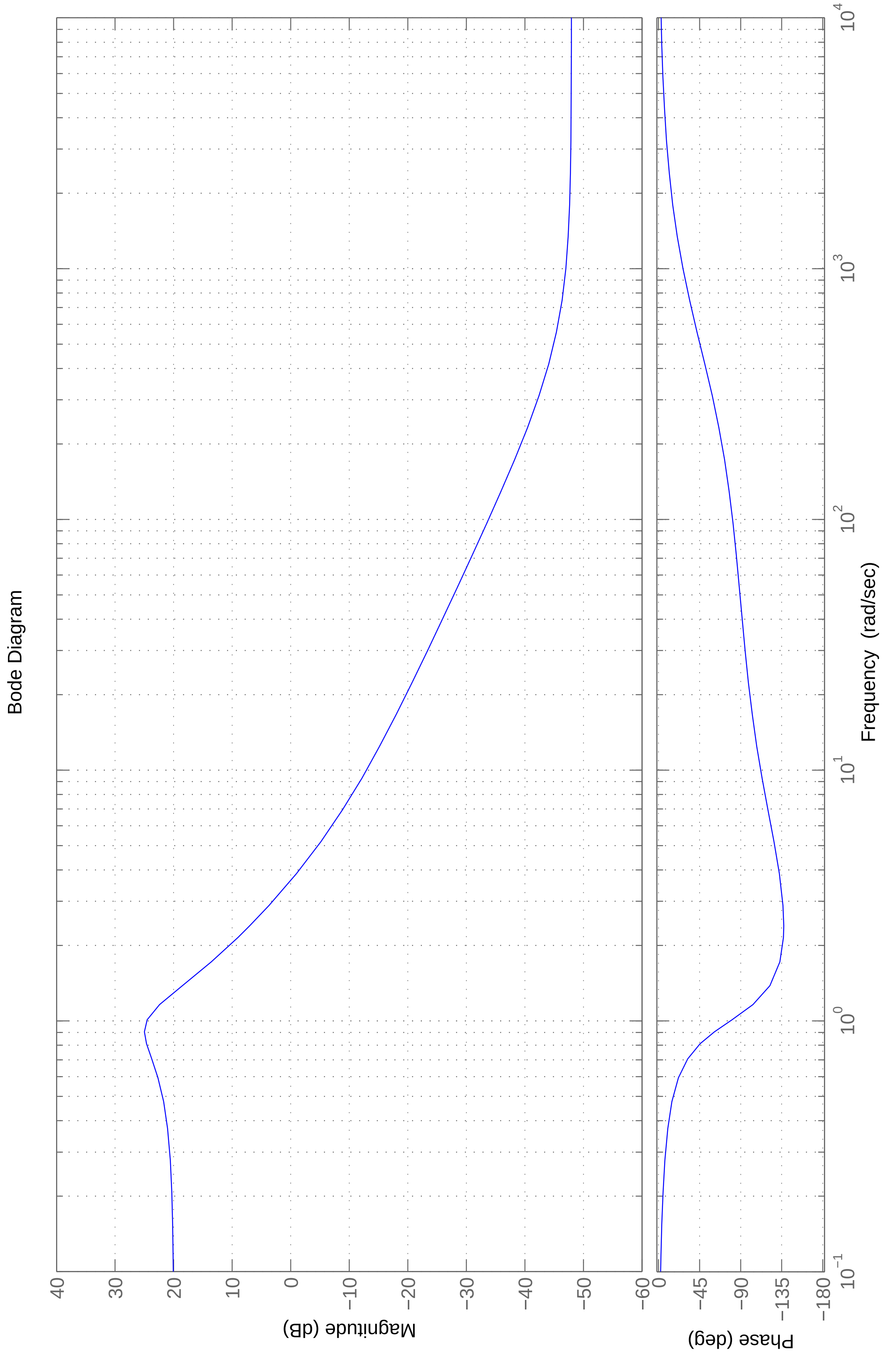

Abbildung 2: Bode-Diagramm der zu identifizierenden Übertragungsfunktion in Aufgabe 6

Aufgabe 6

In Abbildung 3 ist die Ortskurve der (zunächst unbekannten) Übertragungsfunktion $G(s)$ für $\omega \geq 0$ dargestellt. Der Pfeil zeigt dabei in Richtung ansteigender Frequenz.

a) Skizzieren Sie das Bode-Diagramm der Übertragungsfunktion $G(s)$.

b) Nehmen Sie an, dass $G(s)$ BIBO-stabil ist. Geben Sie $G(s)$ in Zeitkonstantenform an.

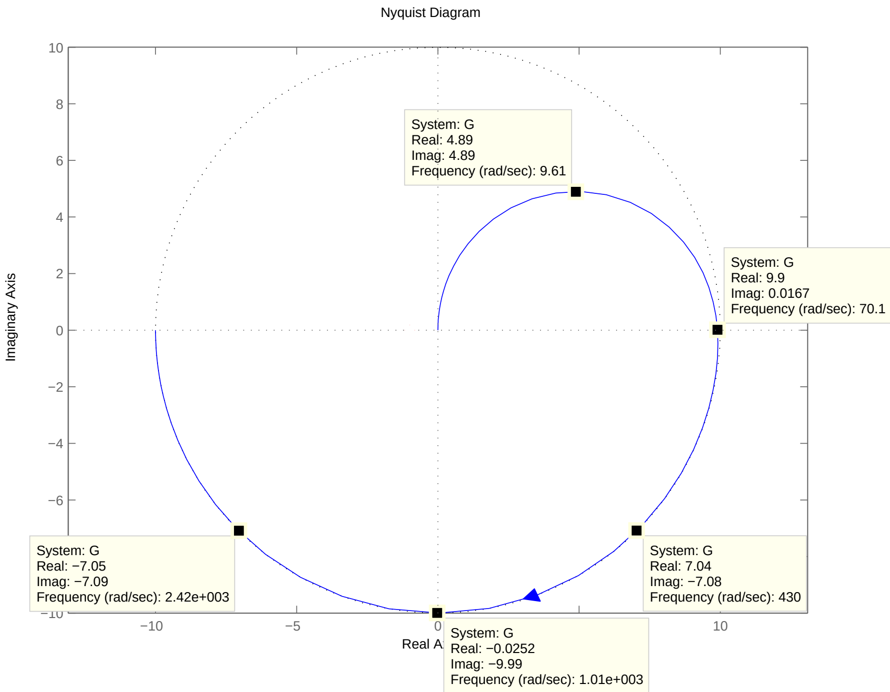

Abbildung 3: Ortskurve der Übertragungsfunktion $G(s)$

Aufgabe 7

Gegeben ist der realisierbare PID-Regler in der Summendarstellung

$$C_{\mathrm{PID}}(s) = K_{\mathrm{p}} \left(1 + \frac{K_{\mathrm{i}}}{s} + \frac{K_{\mathrm{d}} s}{1 + T_{\mathrm{n}} s} \right), \quad K_{\mathrm{p}}, K_{\mathrm{i}}, K_{\mathrm{d}}, T_{\mathrm{n}} > 0 .$$

a) Geben Sie eine allgemeine Bedingung an $K_{\mathrm{p}}, K_{\mathrm{i}}, K_{\mathrm{d}}, T_{\mathrm{n}}$ an, für die die Übertragungsfunktion C_{PID} reelle Nullstellen hat. (Können auch konjugiert komplexe Nullstellen auftreten?)

b) Nehmen Sie an, dass C_{PID} zwei reelle Nullstellen $-1/\tau_1, -1/\tau_2 < 0$ besitzt. Geben Sie allgemein die Zeitkonstantenform des realen PID-Reglers an und drücken Sie die Parameter der Summendarstellung $K_{\mathrm{p}}, K_{\mathrm{i}}, K_{\mathrm{d}}, T_{\mathrm{n}}$ durch die Parameter der Zeitkonstantenform aus.

c) Skizzieren Sie das Bode-Diagramm des realen PID-Reglers in Zeitkonstantenform mit $K = 10, \tau_1 = 1, \tau_2 = 1/1000, T_n = 1/10000$.