

**Übungsblatt 9: Bodediagramme**  
 (Abgabe am 3.7.2015 um 8:15 im Vorlesungs-Hörsaal)

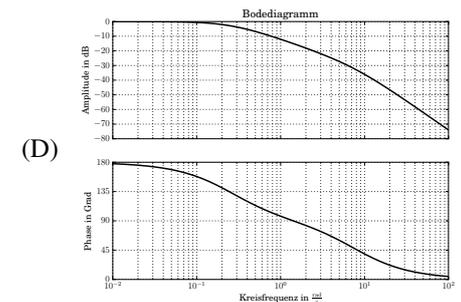
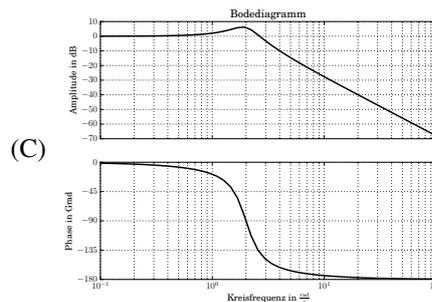
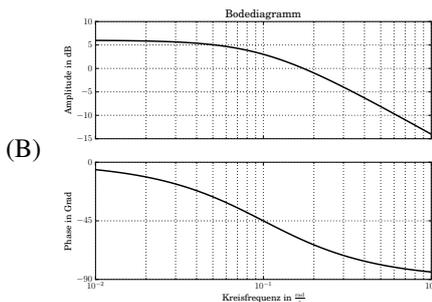
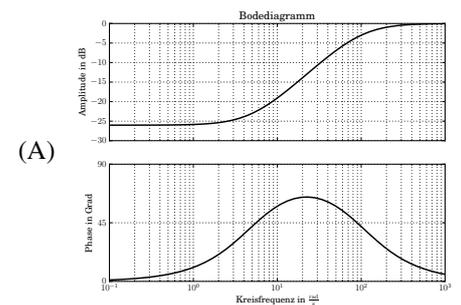
Prof. Dr. Moritz Diehl, Dr. Jörg Fischer und Lukas Klar

Nützliche Python-Befehle für dieses Blatt sind:

`ctrl.bode`, `.tf` und `np.abs`, `.angle`, `.linspace`, `.logspace`, `.log10`, `.polyval`

1. Wir betrachten die Übertragungsfunktion  $G(s) = \frac{20}{s+2}$ 
  - (a) Zeichnen Sie per Hand das Bodediagramm (Amplituden- und Phasengang) von  $G(s)$ . Berechnen Sie dafür die Polstelle und die statische Verstärkung von  $G(s)$ . (3 Punkte)
  - (b) Wie muss  $G(s)$  modifiziert werden, so dass
    - i. die statische Verstärkung verdoppelt wird.
    - ii. die Knickfrequenz  $\omega_0$  erhöht wird auf  $100 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ .
2. (Python) Nun wollen wir selbst, das heißt *ohne* die Verwendung von `ctrl.bode()`, ein Bodegramm erzeugen.
  - (a) Schreiben Sie eine Funktion `mybode(num, den, a, b, n)` die einen Amplitudengang plottet. Die Übertragungsfunktion soll  $G(s) = \frac{\text{np.polyval}(num, s)}{\text{np.polyval}(den, s)}$  sein und die Frequenz  $\omega$  soll in  $n$  logarithmischen Schritten von  $10^a$  bis  $10^b$  variiert werden. Zur Erinnerung: Wir bewegen uns auf der imaginären Achse, d.h.  $s = j \cdot \omega$ . Die Übertragungsfunktion liefert eine komplexe Zahl, deren Betrag die Amplitude ist. Die meisten Funktionen des numpy-Moduls können auch auf arrays angewendet werden. (4 Punkte)
  - (b) Erweitern Sie Ihre Funktion `mybode` so, dass neben der Amplitude auch der Phasengang geplottet wird. (2 Punkte)
  - (c) Testen Sie Ihre Funktion mit  $G(s) = \frac{1}{s^2+2s+10}$  und einem geeigneten Frequenzbereich. (1 Punkt)
3. (Extra-Aufgabe) Wir wollen das "Pol-Nullstellen-Gebirge" von  $G(s)$  darstellen wie auf S. 87 im Skript zu sehen.
  - (a) Schreiben Sie eine Funktion `pzmap3d`, die für beliebige Systeme die Amplitude der Übertragungsfunktion logarithmisch (d.h. in dB) über die komplexe Ebene plottet. Sowohl die reelle, als auch die imaginäre Achse soll dabei von  $-10$  bis  $10$  in 50 Schritten gehen. Die Amplitude soll auf das Intervall  $[-40 \text{ dB}, 20 \text{ dB}]$  eingegrenzt werden. Wie erkennen Sie Pol- und Nullstellen? Wie können Sie aus dem Plot den Amplitudengang auslesen? (0 Punkte)
  - (b) Erweitern Sie Ihre Funktion so, dass Grenzen für  $x, y$  und  $z$  und eine Auflösung übergeben werden können. Falls keine Grenzen angegeben werden, sollen alle Pol- und Nullstellen im Plot gut sichtbar sein. (0 Punkte)
  - (c) Testen Sie Ihre Funktion mit  $G(s) = \frac{s+5}{s^2+s+4}$ . (0 Punkte)
4. Ordnen Sie die Bodediagramme (A-D) ihren Übertragungsfunktionen (a-d) zu. Begründen Sie Ihre Entscheidung. (4 Punkte)
 

(a) $\frac{2}{10s+1}$	(b) $\frac{-2}{s^2+8s+2}$	(c) $\frac{s+5}{s+100}$	(d) $\frac{4}{s^2+s+4}$
-----------------------	---------------------------	-------------------------	-------------------------



*Hinweis zur Abgabe:* Bitte fassen Sie die Lösungen, Plots und Code in einem einzigen Dokument zusammen.