

## Aufgabe 1

- a) Das System erfüllt das Nyquist-Kriterium und der geschlossene Kreis ist damit stabil, weil der Nyquist-Plot den Punkt -1 links liegen lässt.

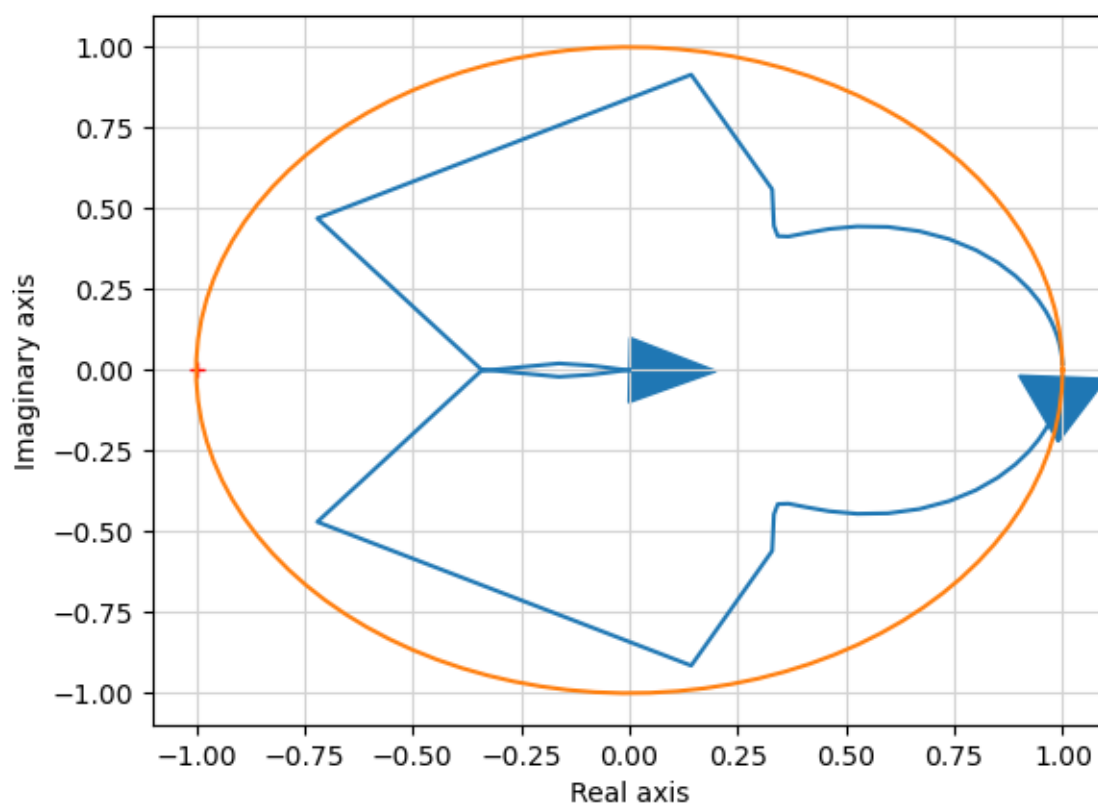


Abbildung 1: Nyquist-Plot des stabilen offenen Kreises  $G_0(s)$

- b) Das Nyquist-Diagramm schneidet die negative reelle Achse bei ungefähr  $-0,35$ .
- c)  $|G_0(j\omega_s)| = 1$  für  $\omega_s = 0$   
 $\Phi_R = \pi = 180^\circ$
- d) Die Amplitudenreserve beträgt 10 dB bei  $\omega \approx 1,9 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$   
 Die Phasenreserve beträgt  $180^\circ$  bei  $\omega_s = 0$ .

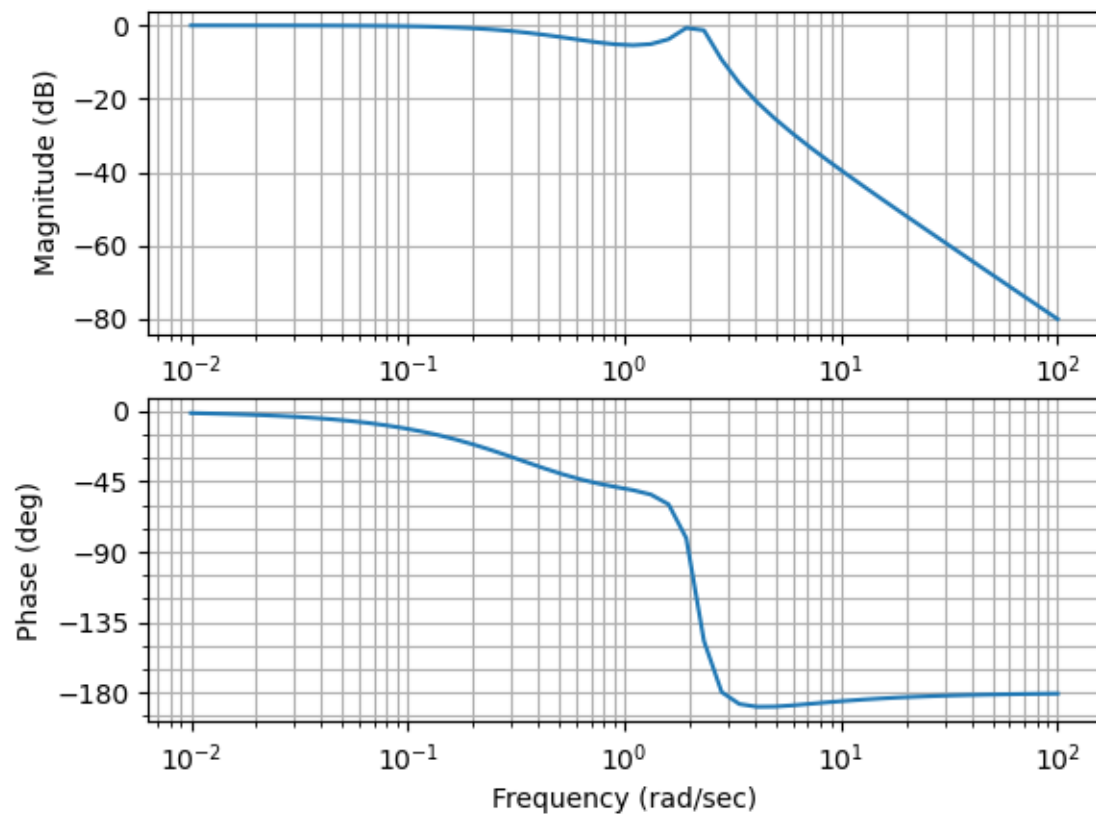


Abbildung 2: Bode-Plot des stabilen offenen Kreises  $G_0(s)$

## Aufgabe 2

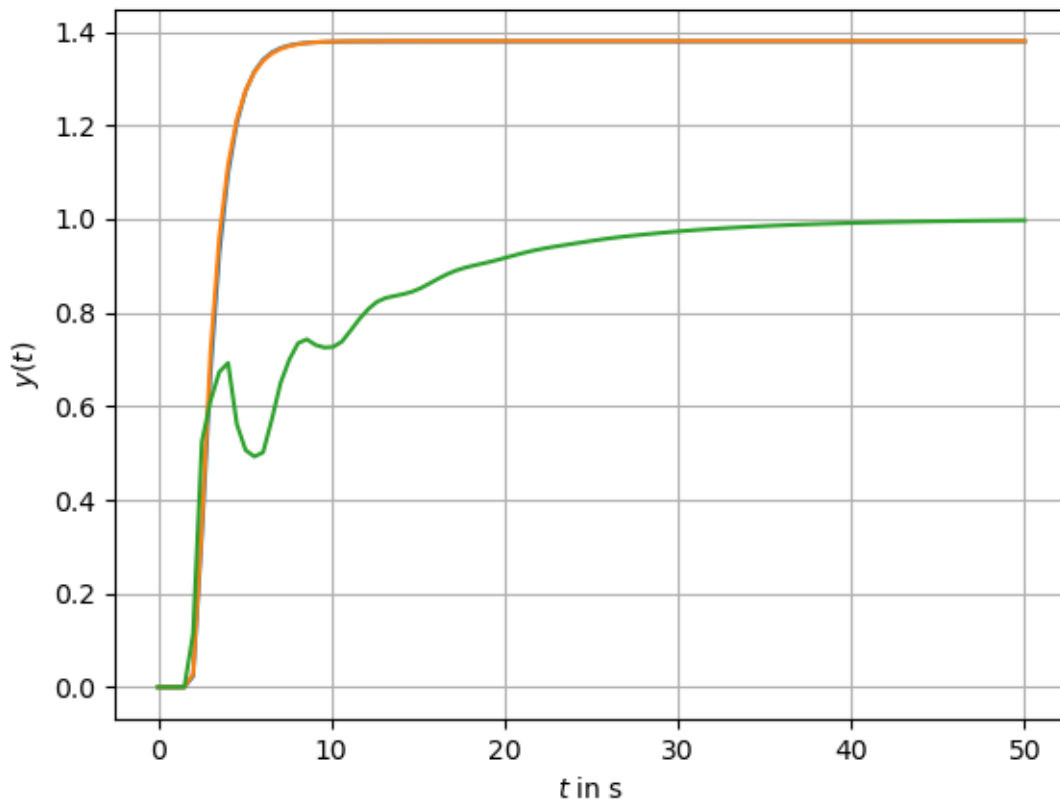


Abbildung 3: Sprungantwort des unbekannten Systems (blau), des approximated Systems (orange) mit  $k_s = 1,38$ ,  $T = 1,1$ ,  $T_t = 2,2$  und des geregelten Systems (grün).

## Aufgabe 3

- a) Der Ausgang  $Y(s)$  in Abhängigkeit vom Eingang  $U(s)$ , den Störungen  $W(s)$  und dem Messrauschen  $V(s)$  lässt sich beschreiben als

$$\begin{aligned}
 Y(s) &= W(s) + K(s)G(s)(R(s) - Y(s) - V(s)) \\
 &= \underbrace{\frac{G(s)K(s)}{1 + G(s)K(s)}}_{\text{Führungsverhalten}} R(s) + \underbrace{\frac{1}{1 + G(s)K(s)}}_{\text{Störverhalten}} W(s) + \underbrace{\frac{-G(s)K(s)}{1 + G(s)K(s)}}_{\text{Messrauschempfindlichkeit}} V(s)
 \end{aligned}$$

Führungsverhalten: Übertragungsfunktion, die beschreibt, wie der Ausgang  $Y(s)$  auf die Referenztrajektorie  $R(s)$  reagiert. Das Führungsverhalten sollte im Verhältnis zu Störungen und Messrauschen möglichst hoch sein.

Störverhalten: Übertragungsfunktion, die beschreibt, wie der Ausgang  $Y(s)$  auf Störungen  $W(s)$  reagiert. Dies möchte man möglichst klein halten, insbesondere für niedrige Frequenzen, da die Störfrequenzen meist niederfrequent sind.

Messrauschempfindlichkeit: Übertragungsfunktion, die beschreibt, wie der Ausgang  $Y(s)$  auf Messrauschen  $V(s)$  reagiert. Auch die Messrauschempfindlichkeit möchte man gering halten. Da Messrauschen hochfrequent ist, reicht es aus, dieses für hohe Frequenzen zu unterdrücken.

b) Die Sensitivitätsfunktion

$$S(s) = \frac{1}{1 + G_0(s)}$$

beschreibt in erster Linie das Störverhalten.

Die komplementäre Sensitivitätsfunktion

$$T(s) = \frac{G_0(s)}{1 + G_0(s)}$$

beschreibt das Führungsverhalten und die Messrauschempfindlichkeit.

- c)  $S(s)$  und  $T(s)$  können negativ sein. Im Bodeplot ist der Betrag der Funktionen dargestellt und daher kann  $S(s) + T(s) = 1$  sein, wenn  $S(s)$  und  $T(s)$  unterschiedliche Vorzeichen haben.
- d) Aus dem Bode-Plot kann man bei den Kreisfrequenzen  $0.4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  die Amplitude von  $T(s)$  und bei  $0.2 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$  die Amplitude von  $S(s)$  ablesen. Damit ergibt sich eine Verstärkung des Referenzsignals von 0 dB und eine Verstärkung des Störsignals von ungefähr  $-28$  dB. D.h. der Regelkreis ist geeignet.