

## Lernübung 2.1 – Skizzieren von Bodediagrammen

**Aufgabe 1.** Gegeben ist der Frequenzgang

$$\underline{H}(\omega) = \frac{j\omega 4 L/R}{1 + j\omega L/R} \quad (1)$$

eines Zweitorts, mit  $R = 1.592 \text{ k}\Omega$  und  $L = 253 \text{ mH}$ . Der Frequenzgang kann durch die elementaren Frequenzgangfunktionen

$$\begin{array}{lll} \underline{H}_1(\Omega) = j\Omega & \text{bzw.} & \underline{H}_1(\omega) = \frac{j\omega}{\omega_0}, \\ \underline{H}_2(\Omega) = 1 + j\Omega & \text{bzw.} & \underline{H}_2(\omega) = 1 + \frac{j\omega}{\omega_0}, \\ \underline{H}_3(\Omega) = k & & \end{array}$$

dargestellt werden. Das Bodediagramm kann mit Hilfe der folgenden Schritte bestimmt werden:

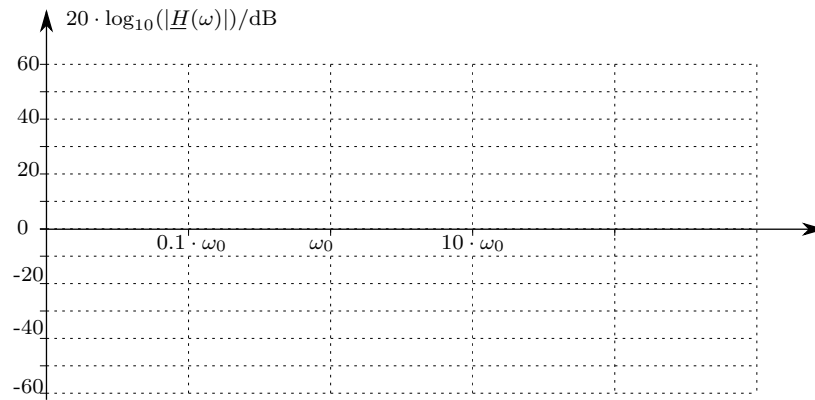
### Normierung

- a) Die Übertragungsfunktion (1) soll durch die elementaren Frequenzgangfunktionen  $\underline{H}_1(\omega)$ ,  $\underline{H}_2(\omega)$  bis  $\underline{H}_3(\omega)$  ausgedrückt werden. Die Zahlenwert für  $\omega_0$  und  $k$  sollen durch einen Koeffizientenvergleich bestimmt werden.

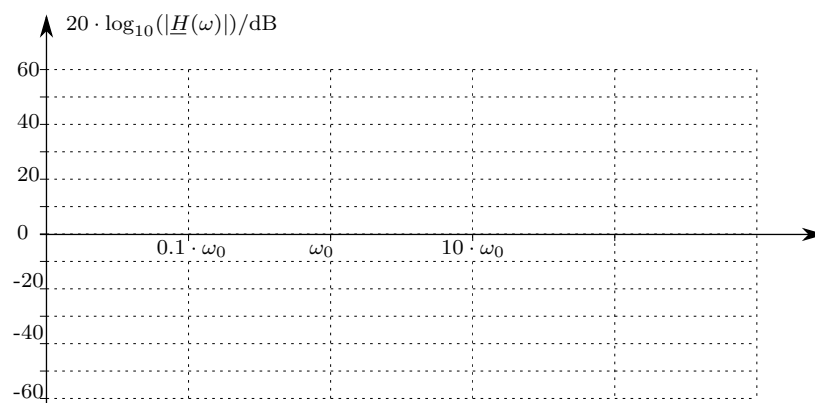
### Skizzieren des Bodediagramms

- b) Skizzieren Sie separat die Amplitudengänge und die Phasengänge der Elementarfunktionen in den Hilfsskizzen.
- c) Addieren bzw. subtrahieren Sie die Amplitudengänge und Phasengänge zum Amplituden- und Phasengang des Gesamtfrequenzgangs  $\underline{H}(\omega)$ , siehe Tabelle C.1 und C.2 des Skripts.
- d) Vergleichen Sie Ihr Bodediagramm mit dem des Hochpassfilters.
- e) Welchen numerischen Werte haben der Amplitudengang  $20 \log_{10} |\underline{H}(f)|$  und der Phasengang  $\text{angle}(\underline{H}(f))$  bei der Kreisfrequenz  $\omega = 0.01 \cdot \omega_0$ ?

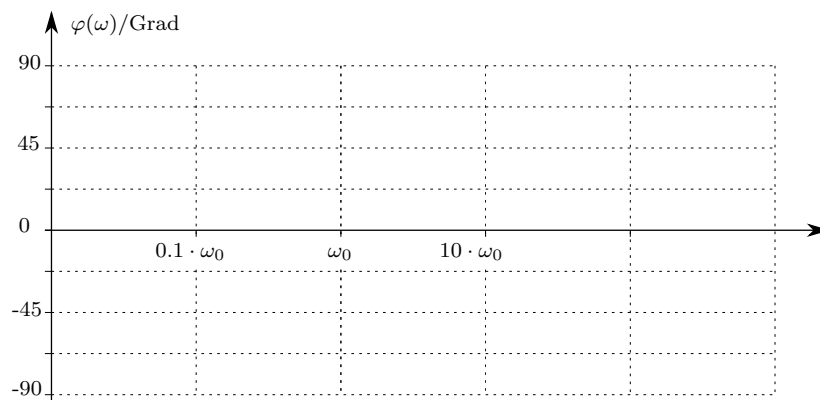
Hilfsskizze Amplitudengang



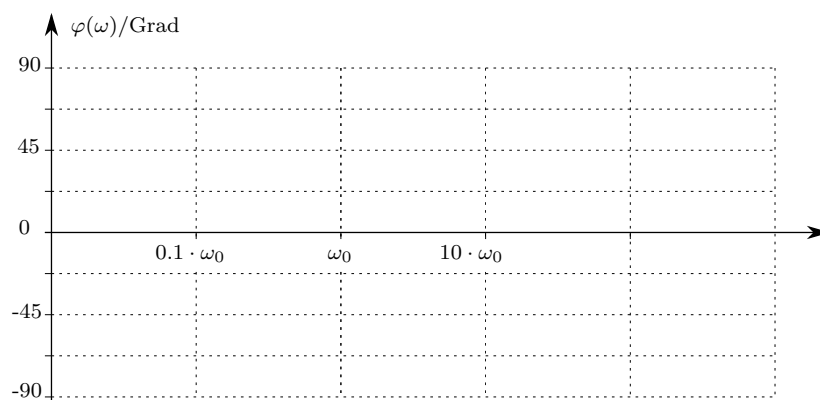
Amplitudengang



Hilfsskizze Phasengang



Phasengang



### Lösung 1.

#### Normierung

- a) Die Übertragungsfunktion  $\underline{H}(\omega)$  kann auf zwei verschiedene Weisen normiert werden:

#### Variante 1

$$\underline{H}(\omega) = \frac{j\omega/\omega_1}{1 + j\omega/\omega_0},$$

wobei  $\omega_0 = R/L$  und  $\omega_1 = R/(4L)$ . Der Faktor  $k$  erhält den Wert  $k = 1$  und kann deshalb ignoriert werden. Einsetzen der numerischen Werte für  $R$  und  $L$  liefert die beiden Kreisfrequenzen  $\omega_0 = 6.292 \text{ MHz}$  und  $\omega_1 = 1.573 \text{ MHz}$ .

#### Variante 2

$$\begin{aligned}\underline{H}(\omega) &= 4 \frac{j\omega L/R}{1 + j\omega L/R} \\ &= k \frac{j\omega/\omega_0}{1 + j\omega/\omega_0}\end{aligned}$$

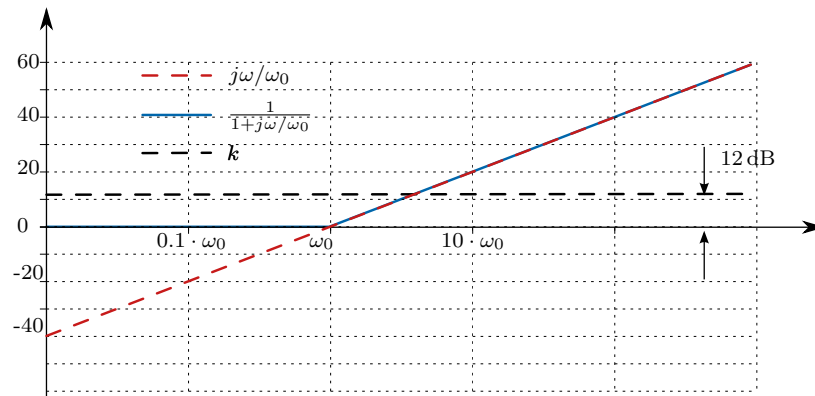
wobei  $k = 4$ , und  $\omega_0 = R/L = 6.292 \text{ MHz}$ .

**Vergleich der beiden Varianten** Beide Varianten sind zulässige Normierungen der Übertragungsfunktion  $\underline{H}(\omega)$ . Letztere hat die Eigenschaft, dass nur die eine Eckfrequenz  $\omega_0$  auftritt. Das ist ein Vorteil beim Zeichnen des Bodediagramms.

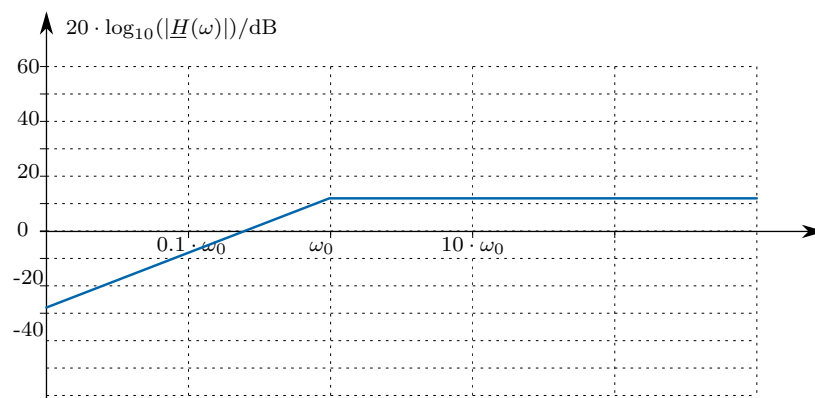
#### Skizzieren des Bodediagramms

- b) Zum skizzieren des Bodediagramms wird die Normierung aus Variante 2 verwendet, siehe nächste Seite.
- c) siehe nächste Seite.
- d) Das Bodediagramm entspricht dem eines Hochpassfilters. Der Faktor  $k = 4$  resultiert in einer Verstärkung von 12 dB.
- e) Bei einer Kreisfrequenz  $\omega = 0.01 \cdot \omega_0$  hat der Amplitudengang den Wert  $12 \text{ dB} - 40 \text{ dB} = -28 \text{ dB}$ . Der Phasengang besitzt die Phase  $\varphi = 90^\circ$ .

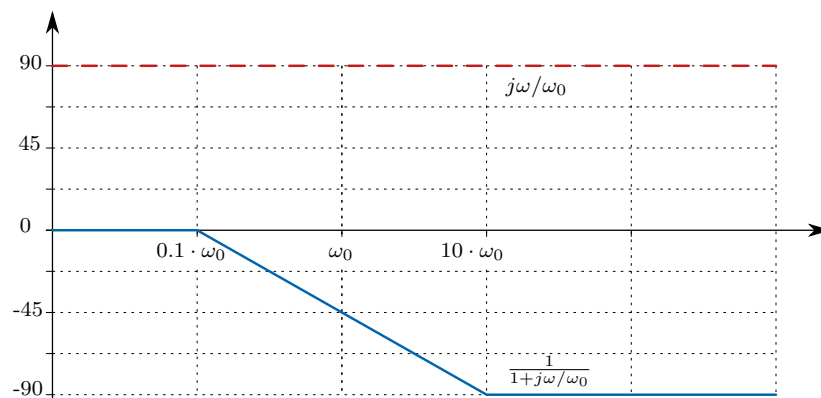
Hilfsskizze Amplitudengang



Amplitudengang



Hilfsskizze Phasengang



Phasengang

