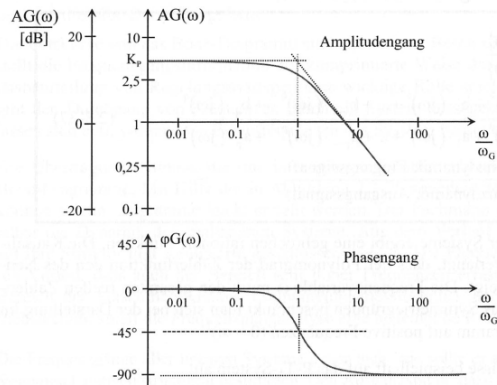


Das Bode-Diagramm

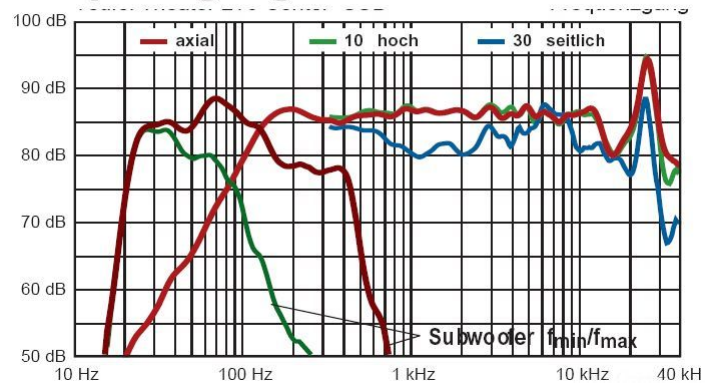
Das **Bode-Diagramm** stellt den Frequenzgang als Amplituden- und Phasengang in zwei getrennten Diagrammen als Funktion der Frequenz dar. Die Frequenzachse & die Amplituden-Ordinate sind logarithmisch skaliert, die Phase linear.



Das Bode-Diagramm

Beispiel

Frequenzgang Center & Subwoofer



Beispiel: Bode-Diagramm eines P-T₁-Systems:

Systemgleichung: $T_1 \cdot \dot{v}(t) + v(t) = K_p \cdot u(t) = v(t) \cdot (1 + j\omega T_1)$

Frequenzgang: $FG(j\omega) = \frac{K_p}{1 + j\omega T_1}$

Separation in Real- & Imaginärteil: $FG(j\omega) = \frac{K_p}{1 + (\omega T_1)^2} + j \cdot \frac{-K_p \omega T_1}{1 + (\omega T_1)^2}$

Amplitudengang: $AG(\omega) = \frac{K_p}{\sqrt{1 + (\omega T_1)^2}}$

Phasengang: $\varphi_G(\omega) = -\arctan(\omega T_1)$

Grenzfrequenz ω_G eines Systems:

Rückgang des Amplitudenganges auf $\frac{1}{\sqrt{2}}$ seines Wertes bei $\omega=0$
 → **3dB-Punkt**

Grenzfrequenz des P-T₁-Systems:

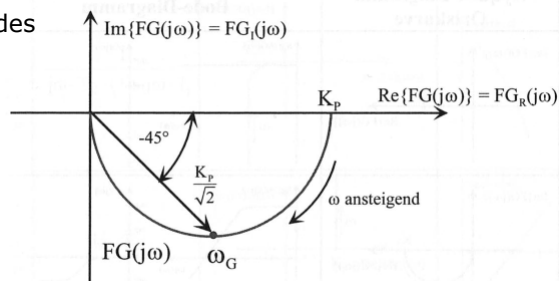
3-dB-Punkt: $\frac{AG(\omega = \omega_G)}{AG(\omega = 0)} = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega_G T)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$

oder: $1 + (\omega_G T_1)^2 = 2$

Grenzfrequenz P-T₁: $\omega_G = \frac{1}{T_1}$

- oberhalb der Grenzfrequenz ω_G fällt AG mit 20dB pro Dekade ab

Nyquist-Diagramm des P-T₁-Systems:



Nyquist- & Bode-Diagramme wichtiger Systeme

	Frequenzgang	Nyquist-Diagramm	Bode-Diagramm
$P-T_2$ $0 < D < 1$	$\frac{K_p}{1 - (\omega \cdot T_0)^2 + 2D \cdot j\omega \cdot T_0}$		
T_t	$K_p \cdot e^{-j\omega T_t}$		
$P-T_1-T_t$	$\frac{K_p}{1 + j\omega \cdot T_1} \cdot e^{-j\omega T_t}$		

05/05/2020

122

Beispiel: P-T₂-System – 7 Fälle

Fall	Dämpfung	Polstellen	Pol-Nullstellen-Schema	Rückkehrverhalten bei Auslenkung
1	$D > 1$	$s_{p1} = -\omega_0 D + \omega_0 \sqrt{D^2 - 1}$ $s_{p2} = -\omega_0 D - \omega_0 \sqrt{D^2 - 1}$		 Stark schleichende Rückkehr
2	$D = 1$	$s_{p1} = s_{p2} = -\omega_0$		 Schleichende Rückkehr
3	$0 < D < 1$	$s_{p1} = -\omega_0 D + j \cdot \omega_0 \sqrt{1 - D^2}$ $s_{p2} = -\omega_0 D - j \cdot \omega_0 \sqrt{1 - D^2}$		 Gedämpfte Schwingung
4	$D = 0$	$s_{p1} = +j \cdot \omega_0$ $s_{p2} = -j \cdot \omega_0$		 Ungedämpfte Schwingung

05/05/2020

123

Beispiel: P-T₂-System

5	$0 > D > -1$	$s_{p1} = \omega_0 D + j \cdot \omega_0 \sqrt{1 - D^2}$ $s_{p2} = \omega_0 D - j \cdot \omega_0 \sqrt{1 - D^2}$		<p>Anwachsende Schwingung</p>
6	$D = -1$	$s_{p1} = s_{p2} = +\omega_0$		<p>Ansteigende Auslenkung</p>
7	$D < -1$	$s_{p1} = \omega_0 D + \omega_0 \sqrt{D^2 - 1}$ $s_{p2} = \omega_0 D - \omega_0 \sqrt{D^2 - 1}$		<p>Schwach ansteigende Auslenkung</p>

PT2-System

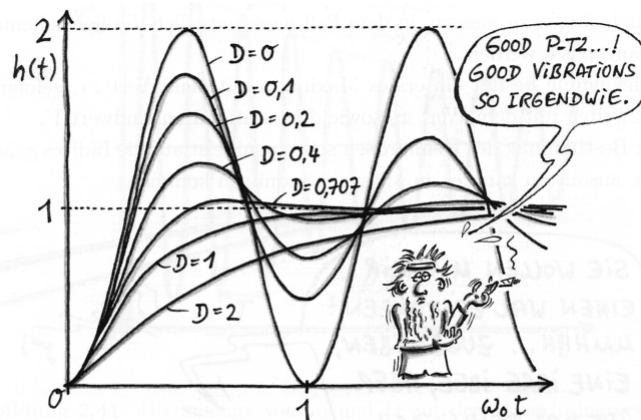


Abbildung 2.40 Normierte Sprungantwort eines P-T₂-Systems

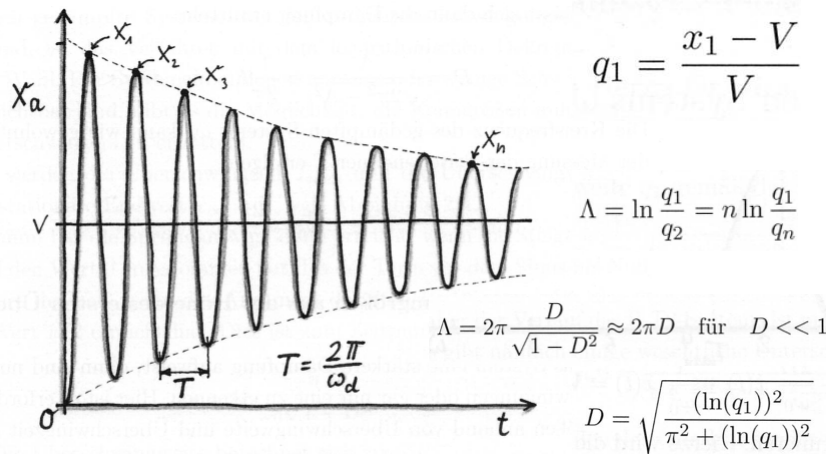
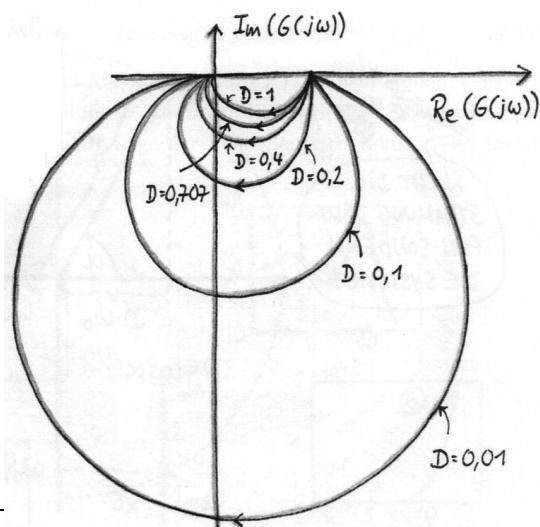
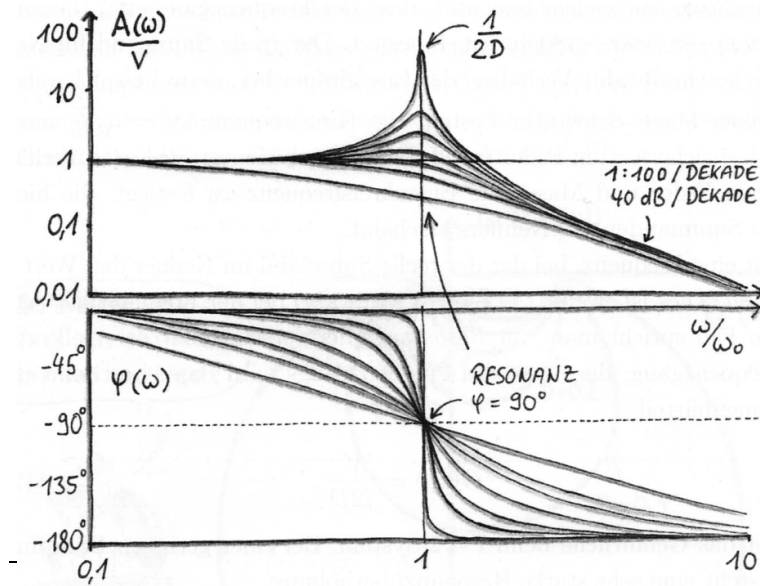


Abbildung 2.41 Bestimmung von ω_0 und D aus dem Ausschwingversuch bei schwach gedämpften Systemen

Ortskurven eines PT2-Systems





128

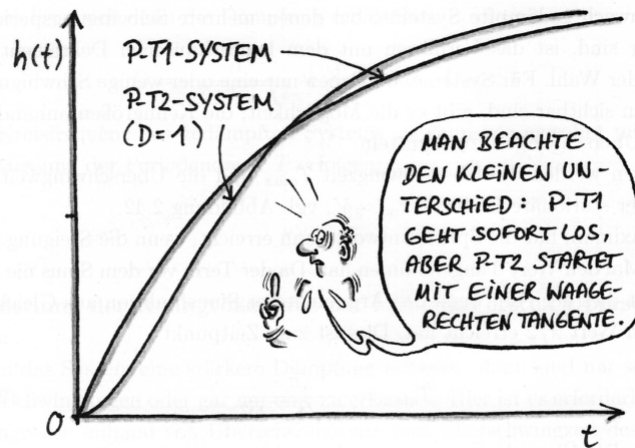


Abbildung 2.43 Vergleich der Sprungantworten von P-T1 und P-T2 System

05/05/2020

129