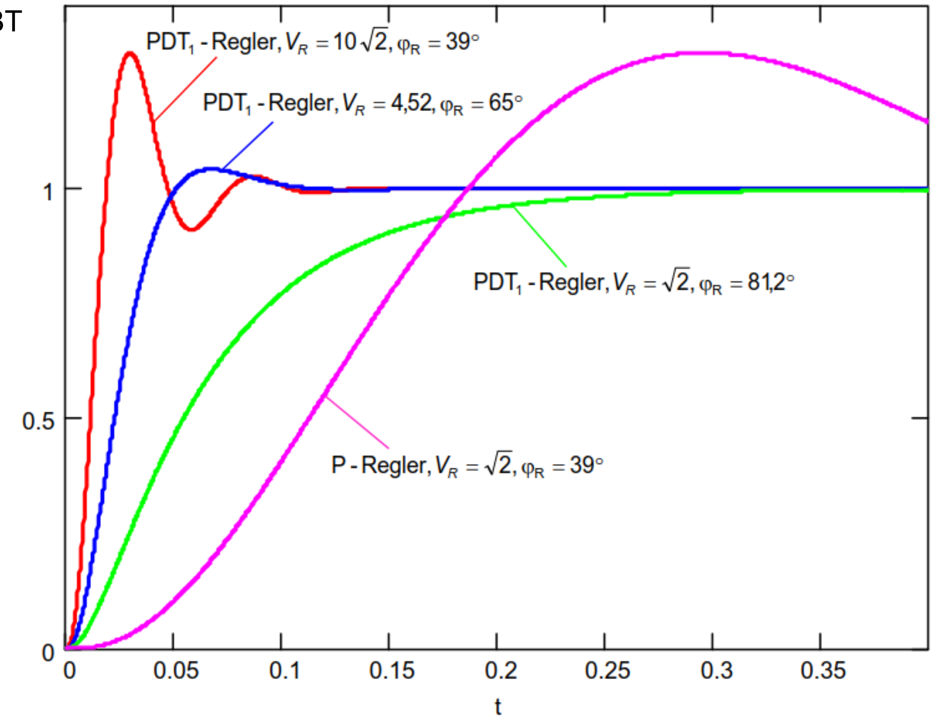
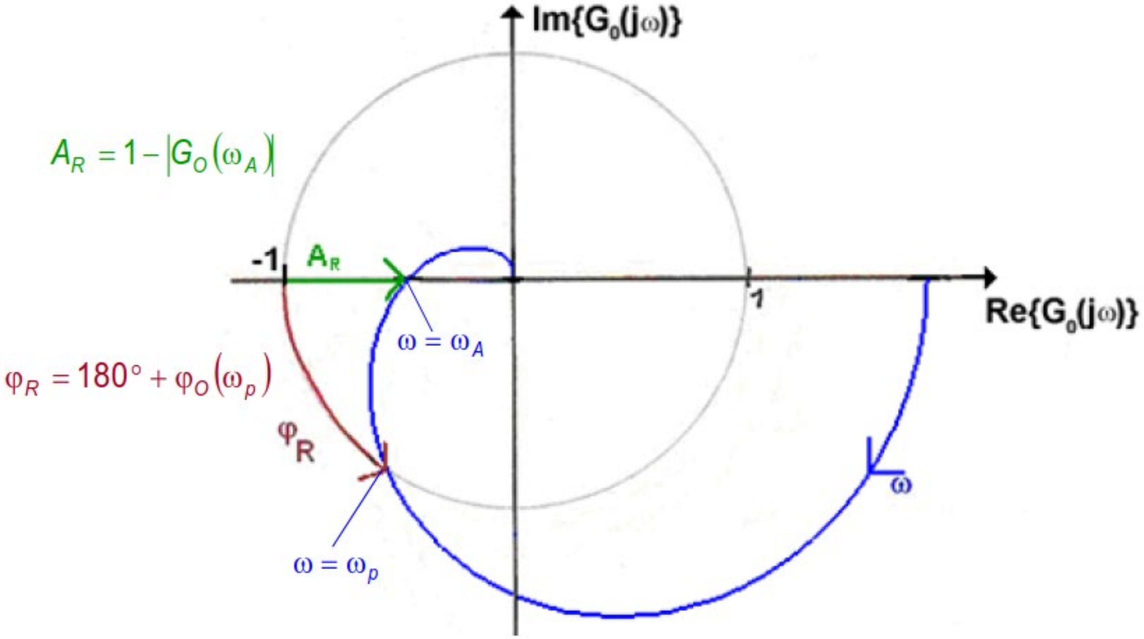
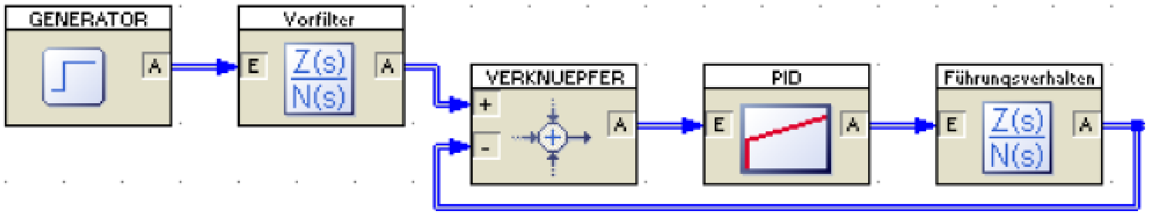
Regelungstechnik

für BEI4, BMEI4 und IBT

Prof. Dr. B. Wagner







Kap. 6 Stabilitätskriterien
Teil 2: Übungen zum Nyquist-Kriterium

Ein größeres Beispiel:
P-Regler mit IT_2-Strecke (1)

$$G_R(j\omega) = \sqrt{2} \qquad G_S(j\omega) = \frac{1}{\frac{j\omega}{10}\left(1+\frac{j\omega}{10}\right)\left(1+\frac{j\omega}{100}\right)}$$

1. Zeichnen Sie das Bode-Diagramm des geöffneten Regelkreises $G_o(j\omega)$!

$\Rightarrow$ Knick-Kreisfrequenzen?

10, 100

$\Rightarrow$ Verlauf vor dem 1. Knick?

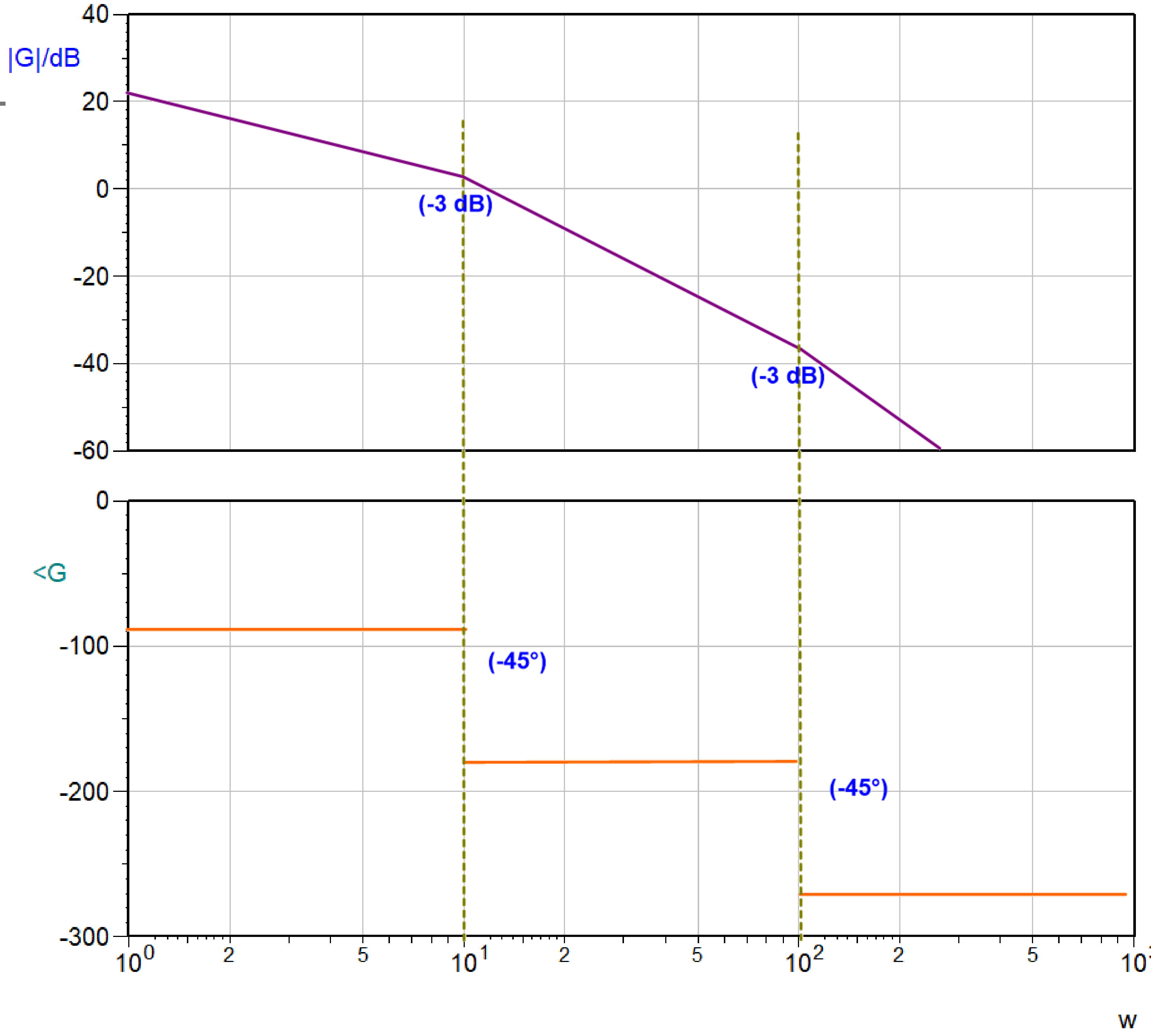
$$\frac{\sqrt{2}\cdot 10}{j\omega}$$ **I-Verhalten: -20dB/dek.; -90°**

$\Rightarrow$ Betragswert bei ω_{min} = ..1... ?

+23 dB

$\Rightarrow$ Konstruktion der Asymptoten

$\Rightarrow$ Skizze des wahren Verlaufs mit Hilfspunkten



Ein größeres Beispiel: P-Regler mit IT_2-Strecke (2)

1. Ermitteln Sie die Amplituden- und die Phasenreserve. Ist der Regelkreis stabil?

   a_R = 0 dB - (-18 dB) = 18 dB

   phi_R = 180° - 140° = 40°

   --> stabil, da a_R und phi_R positiv

   a_R = ...18 dB... φ_R = ...40°...

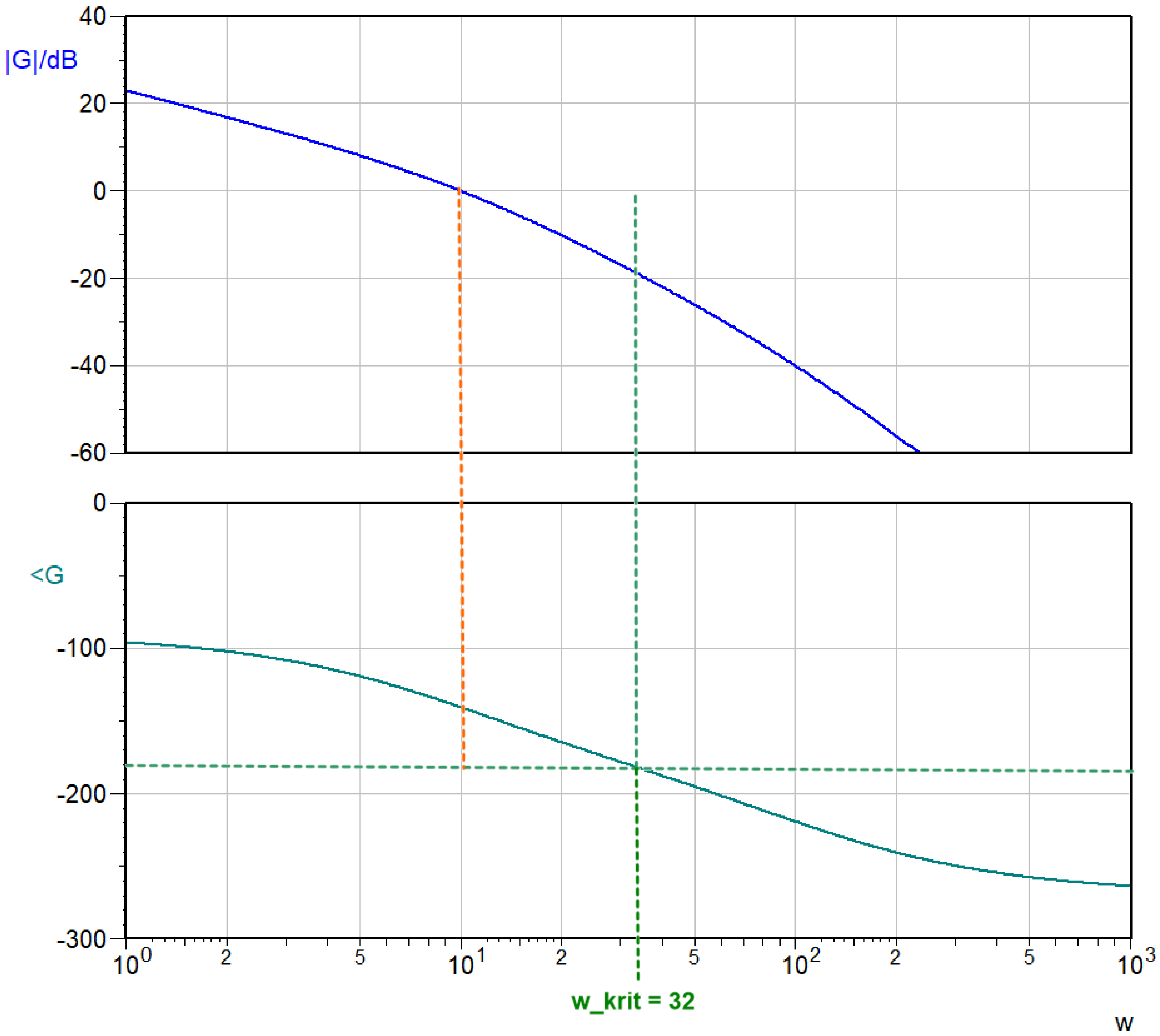
2. Bestimmen Sie die kritische Reglerverstärkung V_{Rkrit}

   Bei welcher kritischen Kreisfrequenz ω_{krit} schwingt der Regelkreis am Stabilitätsrand?

   Achtung! Bode-Diagramm ist gezeichnet für V_R = sqrt(2) = +3 dB

   --> wenn V_R um +18dB vergrößert wird, ist Stabilitätsrand erreicht.

   --> V_Rkrit = +3dB + 18dB = +21dB = 11



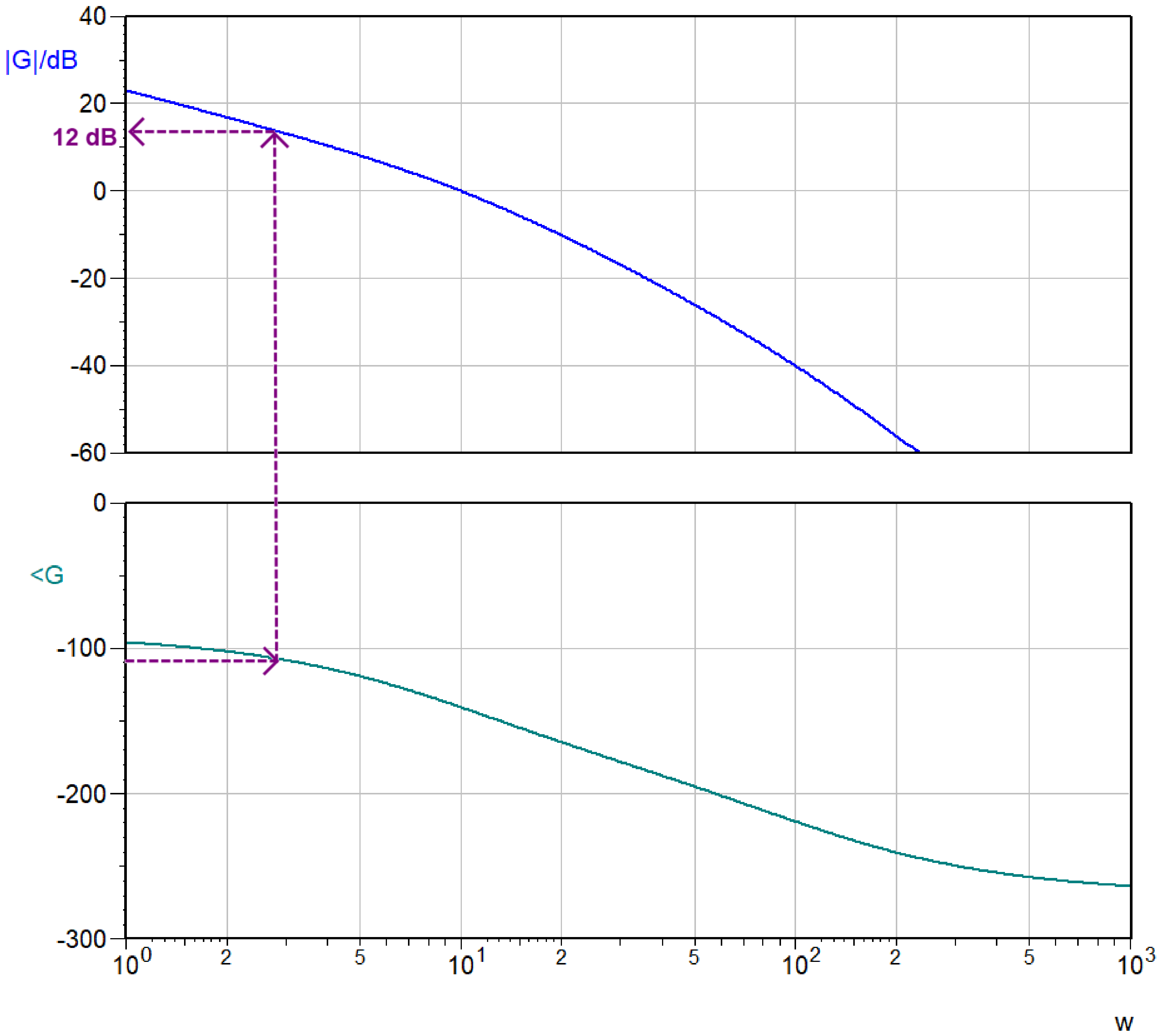
Ein größeres Beispiel: P-Regler mit IT_2-Strecke (3)

4. Wie ist V_R einzustellen, um eine Phasenreserve von 70° zu erhalten?

--> V_R muss um 12 dB abgesetzt werden!

--> V_R = +3dB - 12 dB = -9 dB

--> V_R70° = 0,35



Ein größeres Beispiel:
P-Regler mit IT_2-Strecke (4)

5. Bestimme die Amplitudenreserve für V_R=5

für V_R = sqrt(2) = +3dB: a_R = +18 dB

für V_R = 1 = 0dB: a_R = +21 dB

für V_R = 5 = 14 dB: a_R = +7 dB

6. Ermitteln Sie die Phasenreserve für V_R=5

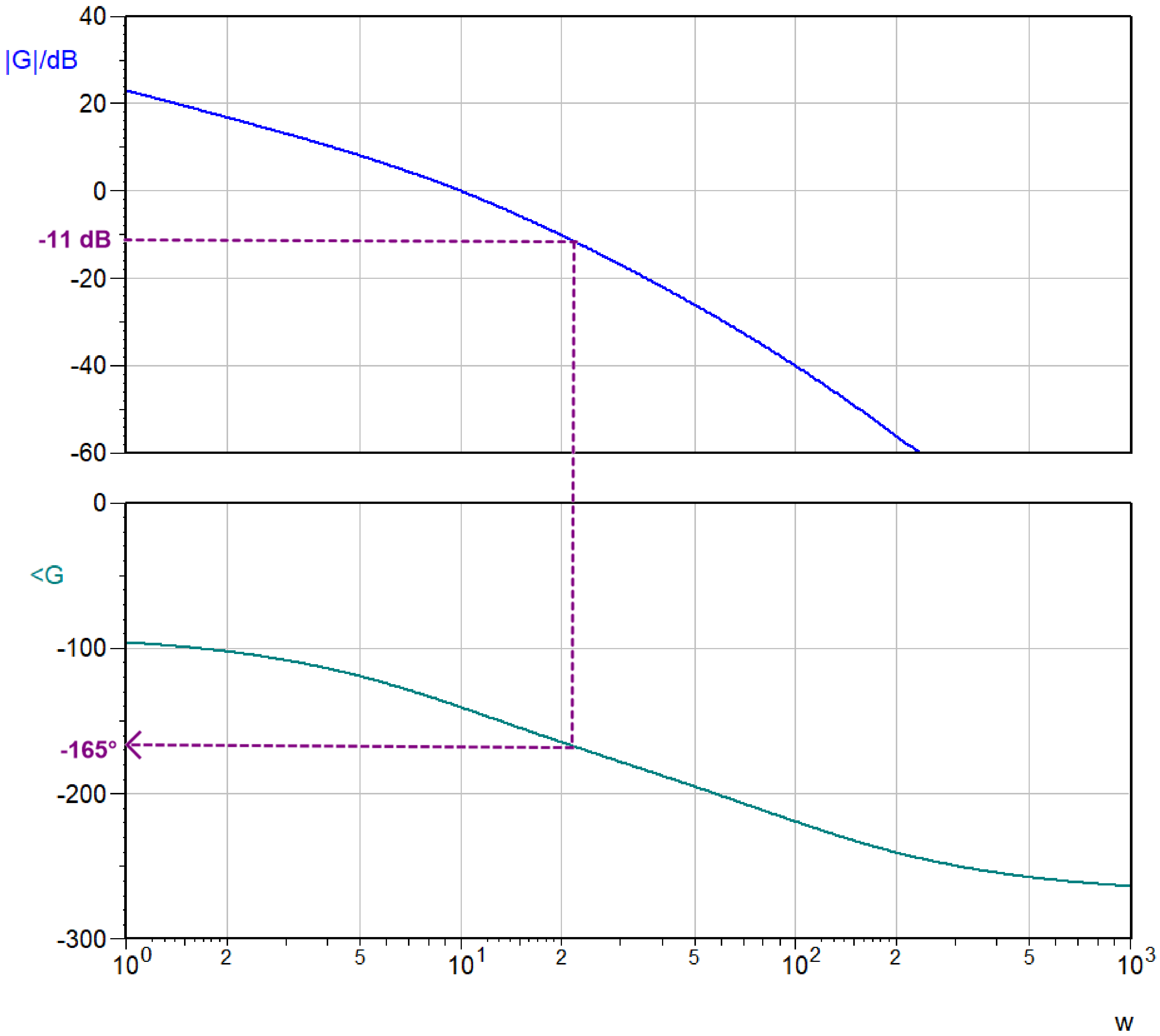
selbst probieren!

Lösung:

phi_R = +15°

für V_R = sqrt(2): phi_R = 40°
für V_R = 1: phi_R = 50°
für V_R = 5 = 14 dB: phi_R = 15°

(da 3 dB - 14 dB = - 11dB)



Ein größeres Beispiel:
PDT_1-Regler mit IT_2-Strecke (1)

Alternativ zum bisher betrachteten Regler soll nun ein PDT_1-Regler für die selbe Strecke betrachtet werden

$$G_R(j\omega) = \frac{10\sqrt{2}\cdot\left(1+\frac{j\omega}{10}\right)}{\left(1+\frac{j\omega}{1000}\right)} \qquad G_S(j\omega) = \frac{1}{\frac{j\omega}{10}\left(1+\frac{j\omega}{10}\right)\left(1+\frac{j\omega}{100}\right)}$$

1. Stelle $G_o(j\omega)$ auf

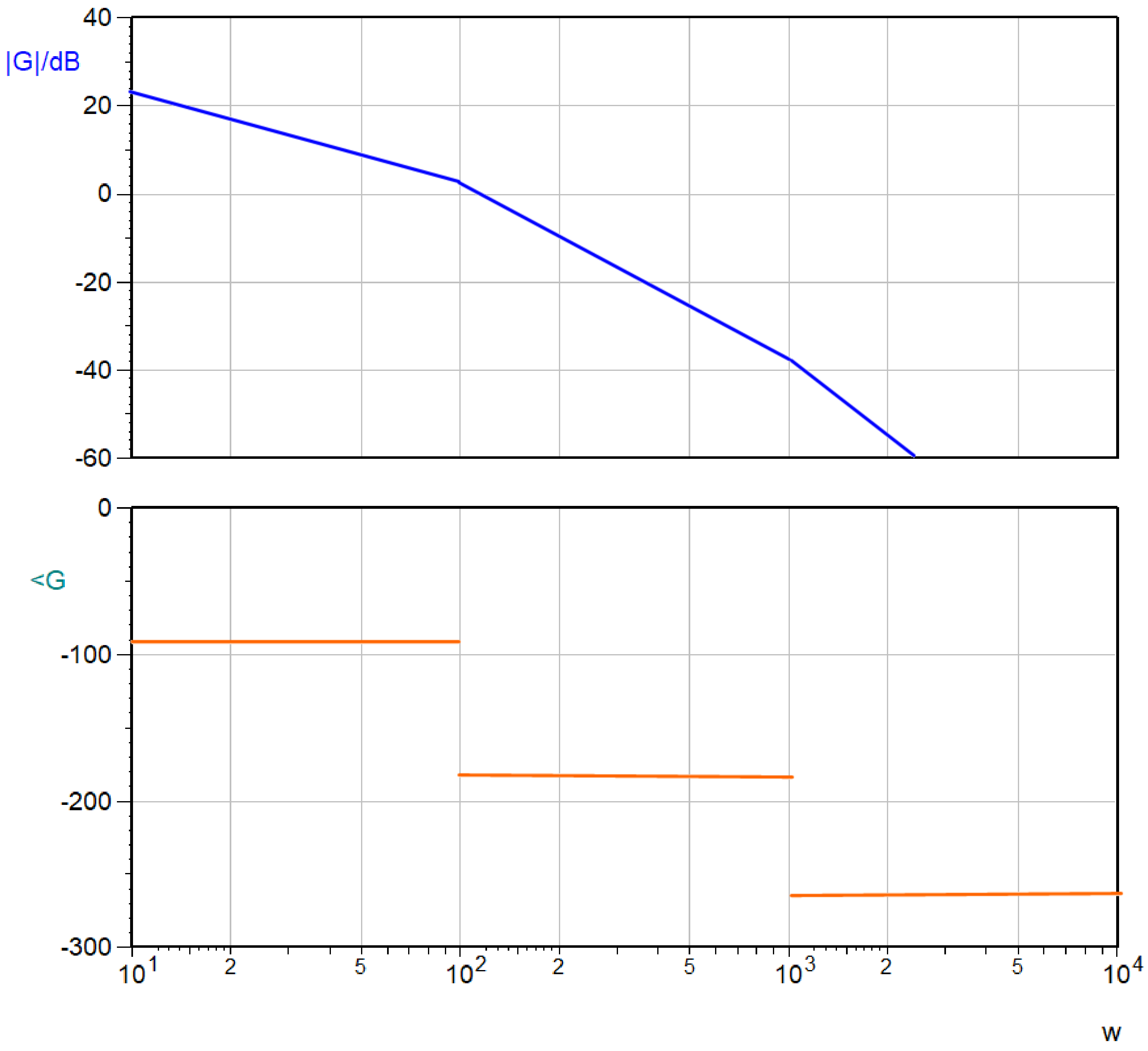
2. Zeichne das Bode-Diagramm von $G_o(j\omega)$

   => Kontrollieren Sie Ihr Bode-Diagramm mit LISA!

3. Lese die Amplituden- und Phasenreserve ab

   => Im Skript Kapitel 6.3 finden Sie:
   Zwischenergebnisse
   Weitere Teilaufgaben (mit Endergebnissen)

   => Selber lösen !!!



Ein größeres Beispiel:
PDT_1-Regler mit IT_2-Strecke (2)

Vergleich der P-Regelung mit der PDT_1-Regelung:

$$G_R(j\omega) = \sqrt{2} \qquad\qquad G_R(j\omega) = \frac{10\sqrt{2}\cdot\left(1+\frac{j\omega}{10}\right)}{\left(1+\frac{j\omega}{1000}\right)}$$

1. Beide Regelungen haben identische Amplituden- und Phasenreserve:
   $a_R \cong +18$ dB $\qquad \varphi_R \cong 40°$

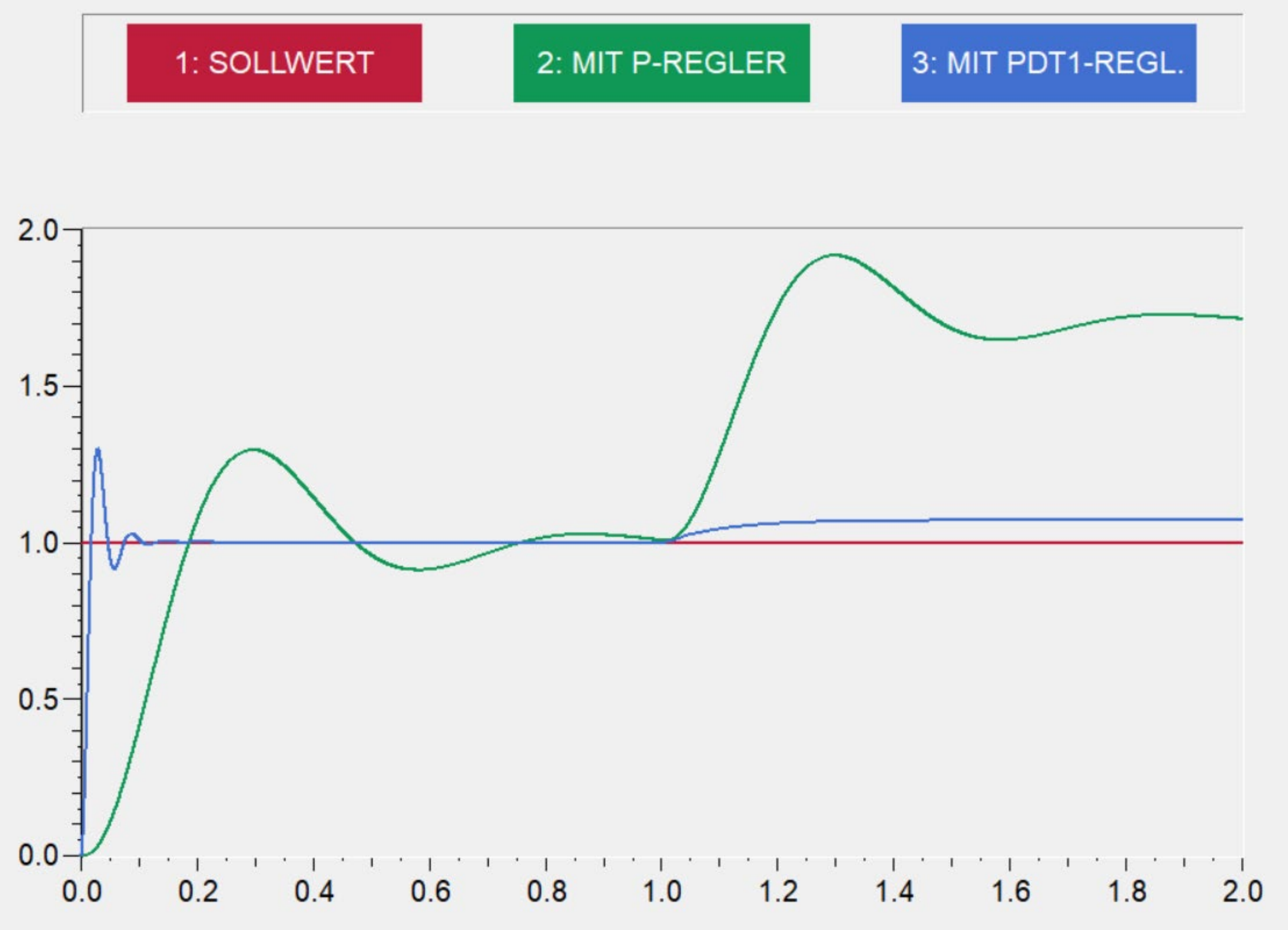
   => identische Überschwingweite im Führungsverhalten

2. Mit PDT_1-Regler: 10-fache Durchtrittsfrequenz

   => Das Führungsverhalten der PDT_1-Regelung
   ist 10-mal so schnell wie P-Regelung

3. Mit PDT_1-Regler: 10-fache Reglerverstärkung bei identischen Werten von $a_R \cong +18$ dB und $\varphi_R \cong 40°$

   => bessere Störunterdrückung:
   => bleibende Regelabweichung im Störverhalten mit PDT_1-Regler ist nur 10% so groß wie mit P-Regler



--- Führungssprungantwort --- ----- Störsprungantwort -----

Ein kleineres Beispiel:
P-Regler mit IT_2-Strecke in der Ortskurve

Das Bild rechts zeigt die Ortskurve eines anderen $G_o(j\omega)$

$$G_s(s) = \frac{1}{1000s^3 + 200s^2 + 10s}; \quad V_R = 0{,}7$$

1. Ist der dazugehörige geschlossene Regelkreis stabil?

   ja, da Ortskurve rechts von kritischem Punkt

2. Lesen Sie die Amplitudenreserve ab

   A_R = 1 - 0,35 = 0,65

3. Lesen Sie die Phasenreserve ab

   phi_R = 180° + (-147°) = 33°

4. Bestimmen Sie die kritische Reglerverstärkung V_{Rkrit}

   bei V_R = 0,7 --> A_R = 0,65
   bei V_R = 1 --> 1/0,7 = 1,429 --> 1,429 * 0,35 = 0,5 --> A_R = 0,5

   --> V_Rkrit = 1/0,5 = 2