

Aufgabe 21 (TR)

- a) $G_{S1}(s)$: Strecke ohne I-Anteil $\rightarrow$ PI- oder (realer) PID-Regler
 $G_{S2}(s)$: Strecke mit I-Anteil $\rightarrow$ (realer) PD-Regler
 $G_{S3}(s)$: Strecke ohne I-Anteil $\rightarrow$ PI- oder (realer) PID-Regler

- b) - Zeitkonstanten von $G_{S1}(s)$: $T_{N1}=25$, $T_{N2}=2 \rightarrow T_{N1} \gg T_{N2}$
 $\rightarrow$ Kompensation von $T_{N1}=25$ als größte Streckenzeitkonstante

$$- G_{S2}(s) = \frac{s-2}{s(s^2+1,1s+0,1)} = \frac{s-2}{s(s+0,1)(s+1)} = \frac{10(s-2)}{s(10s+1)(s+1)}$$

- $\rightarrow$ Zeitkonstanten von $G_{S2}(s)$: $T_{N1}=10$, $T_{N2}=1 \rightarrow T_{N1} \gg T_{N2}$
 $\rightarrow$ Kompensation von $T_{N1}=10$ als größte Streckenzeitkonstante

$$- G_{S3}(s) = \frac{10}{(5s+5)(s+1,5)(2s+1,5)} = \frac{\frac{8}{9}}{(s+1)\left(\frac{2}{3}s+1\right)\left(\frac{4}{3}s+1\right)}$$

- $\rightarrow$ Zeitkonstanten von $G_{S3}(s)$: $T_{N1}=4/3$, $T_{N2}=1$, $T_{N3}=2/3 \rightarrow T_{N1} \approx T_{N2} \approx T_{N3}$
 $\rightarrow$ Kompensation von $T_{\Sigma}=T_{N1}+T_{N2}+T_{N3}=3$ als Summenzeitkonstante

- c) $G_{R1}(s) = k_R \frac{1+T_R s}{s}$ mit $T_R=T_{N1}=25$

$$\rightarrow F_{o1}(s) = G_{S1}(s)G_{R1}(s) = \frac{2,5}{(2s+1)(25s+1)} \cdot k_R \frac{1+25s}{s} = \frac{2,5k_R}{s(2s+1)}$$

$$\rightarrow 1+F_{o1}(s) = 0 \Rightarrow 2s^2 + s + 2,5k_R = 0$$

$$a_2 = 2 > 0,$$

Spezialfall $n=2$

$$a_1 = 1 > 0,$$

$$a_0 = 2,5k_R \overset{!}{>} 0 \Rightarrow k_R \overset{!}{>} 0$$

$\rightarrow$ Regelkreis 1 stabil für $k_R > 0$

$$G_{R2}(s) = k_R \frac{1+T_V s}{1+T_N s} \text{ mit } T_V = T_{N1} = 10 \text{ und } T_N = 0,1 \cdot T_V = 1$$

$$\rightarrow F_{o2}(s) = G_{S2}(s)G_{R2}(s) = \frac{10(s-2)}{s(10s+1)(s+1)} \cdot k_R \frac{1+10s}{1+s} = \frac{10k_R(s-2)}{s(s+1)^2}$$

$$\rightarrow 1+F_{o2}(s) = 0 \Rightarrow 10k_R(s-2) + s(s+1)^2 = s^3 + 2s^2 + (10k_R+1)s - 20k_R = 0$$

$$a_3 = 1 > 0,$$

$$D_1 = |a_2| = |2| = 2 > 0,$$

$$D_2 = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 \\ a_3 & a_1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & -20k_R \\ 1 & 10k_R + 1 \end{vmatrix} = 40k_R + 2 > 0 \Rightarrow \underline{k_R > -\frac{1}{20}},$$

$$D_3 = a_0 D_2 = -20k_R D_2 > 0 \Rightarrow \underline{k_R < 0}$$

→ Regelkreis 2 stabil für $-1/20 < k_R < 0$

$$a_3 = 1 > 0, \quad a_2 = 2 > 0,$$

$$a_1 = 10k_R + 1 > 0 \Rightarrow \underline{k_R > -\frac{1}{10}},$$

Alternativ (Spezialfall $n=3$):

$$a_0 = -20k_R > 0 \Rightarrow \underline{k_R < 0}$$

$$a_1 a_2 - a_3 a_0 = 20k_R + 2 + 20k_R = 40k_R + 2 > 0 \Rightarrow \underline{k_R > -\frac{1}{20}}$$

→ Regelkreis 2 stabil für $-1/20 < k_R < 0$

Aufgabe 23 (TU)

- a) Um den Regelkreis wie gefordert möglichst schnell zu machen, sollte die größte Streckenzeitkonstante kompensiert werden.

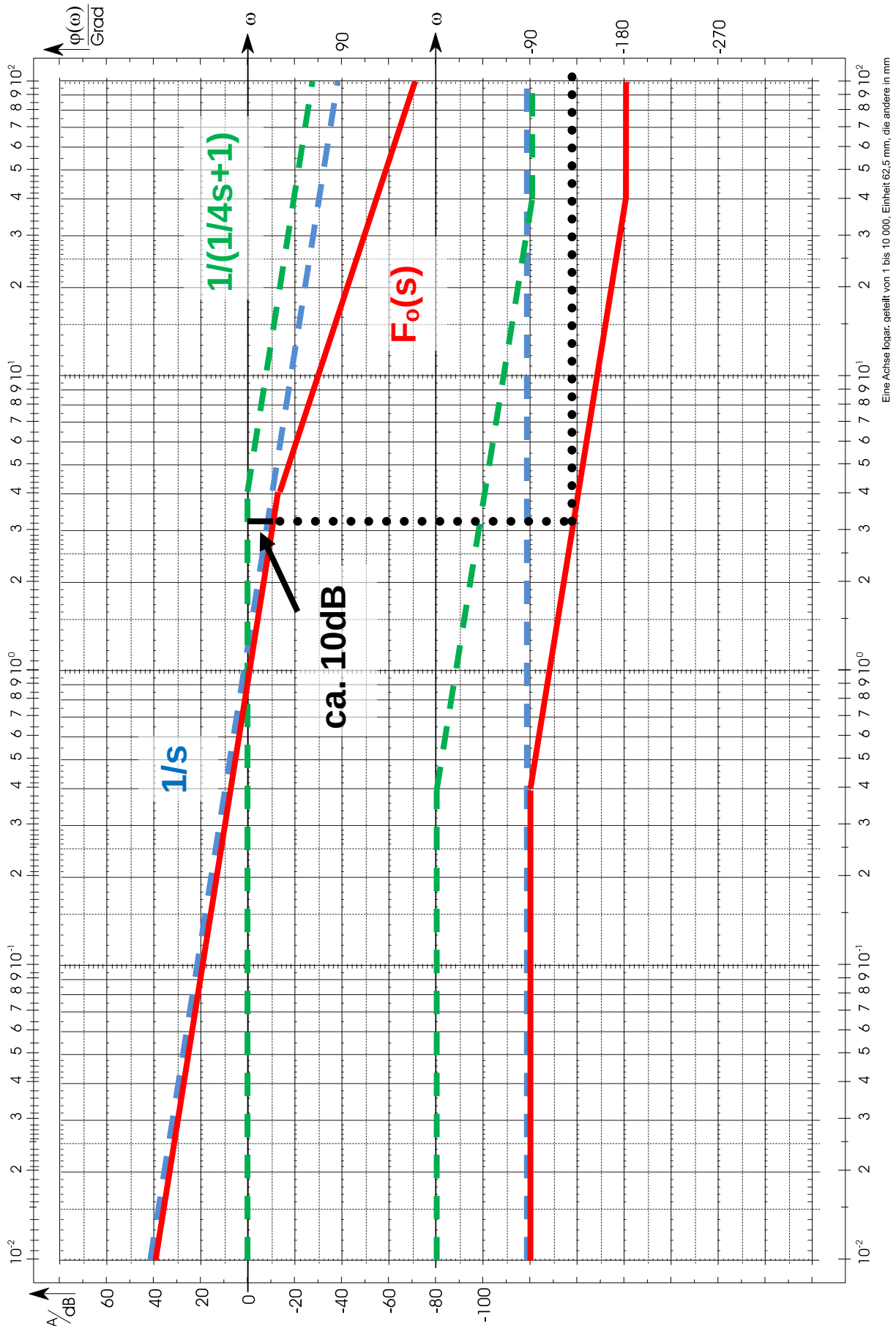
$$G_S(s) = \frac{5}{(s+4)(2s+1)} = \frac{\frac{5}{4}}{\left(\frac{1}{4}s+1\right)(2s+1)} \rightarrow T_R = T_{N1} = 2$$

$$b) \quad F_o(s) = G_R(s)G_S(s) = k_R \frac{1+2s}{s} \frac{5}{(s+4)(2s+1)} = \frac{\frac{5}{4}k_R}{s\left(\frac{1}{4}s+1\right)}$$

für Gesamtverstärkung 1 $k_R = 4/5$ wählen, FKL → siehe Diagramm

- c) ablesen aus Diagramm: 50° Phasenreserve, also eine Phase von -130° tritt auf bei ca. 3,2 rad/s. Die Amplitudenreserve bei dieser Frequenz beträgt ca 10dB. Dies entspricht einer maximal möglichen zusätzlichen Verstärkung von etwa 3.

$$d) \quad \frac{5}{4}k_R = 3 \Rightarrow k_R = \frac{12}{5} = 2,4 \rightarrow G_R(s) = 2,4 \frac{1+2s}{s}$$



Aufgabe 24 (TR)

Simulation des über einen P-Regler geschlossenen Regelkreises in Simulink bei einem Einheitssprung der Führungsgröße. Schrittweises Erhöhen von k_R , bis Dauerschwingungen im Scope zu sehen sind. $\rightarrow k_{R,krit}=0,884$
zusätzlich Periodendauer ablesen: $T_{krit}=13,736$

aus Tabelle ablesen: $k_R=0,6k_{R,krit}=0,5304$
 $T_n=0,5T_{krit}=6,868$
 $T_v=0,12T_{krit}=1,6487$

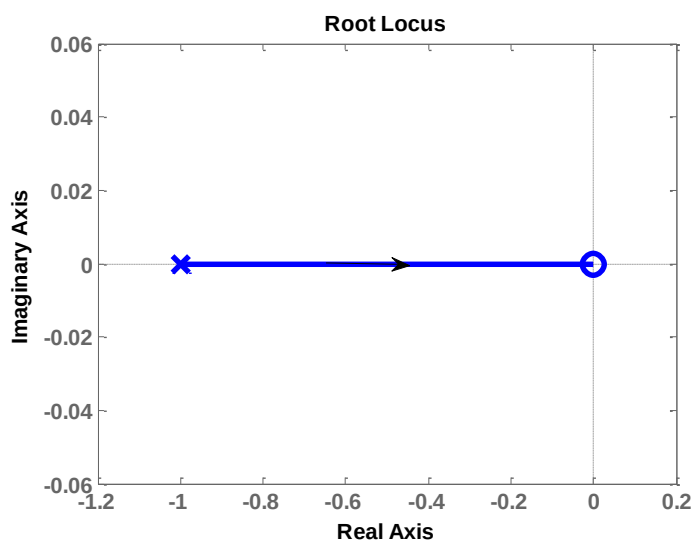
$$\rightarrow G_R(s) = 0,5304 \left(1 + \frac{1}{6,868s} + 1,6487s \right) = \frac{0,8745s^2 + 0,5304s + 0,0772}{s}$$

Aufgabe 25 (TR)

- Die Wurzelortskurve zeigt die Lage der Pole des geschlossenen Kreises bei Variation des Verstärkungsfaktors k_R von 0 bis unendlich.
- Die Frequenzgangsortskurve zeigt die komplexe Verstärkung harmonischer Eingangsgrößen des offenen Kreises in Abhängigkeit der Frequenz.
- Die Wurzelortskurve wird in der s -Ebene aufgetragen, die Frequenzgangsortskurve dagegen in der $F_o(s)$ -Ebene.

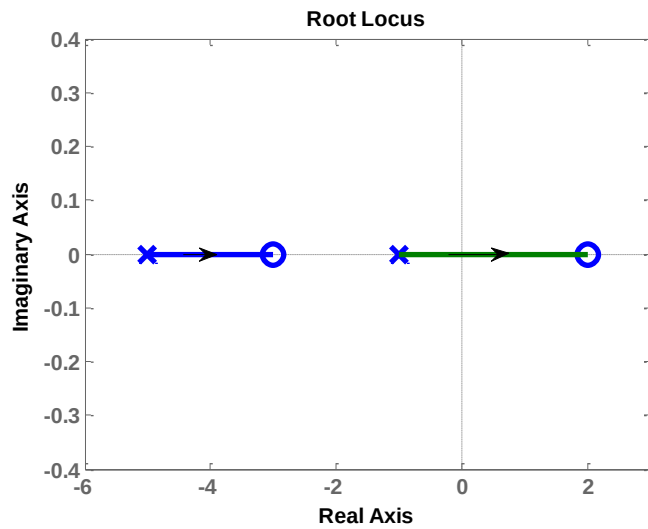
Aufgabe 27 (TR)

a)



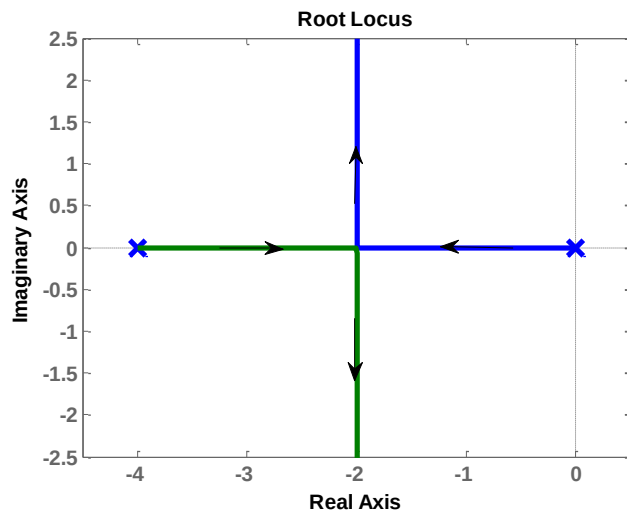
$\rightarrow$ stabilisierbar

b)



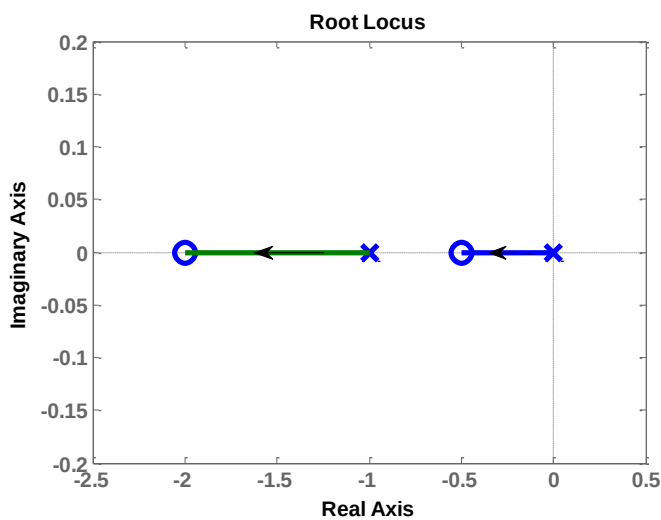
→ stabilisierbar

c)



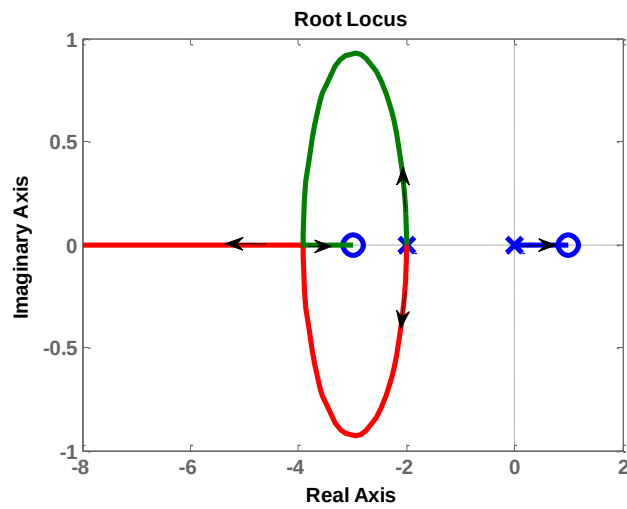
→ stabilisierbar

d)



→ stabilisierbar

e)



→ nicht stabilisierbar