

Diplomhauptprüfung / Bachelorprüfung

"Systemdynamik und Regelungstechnik"

20. Juli 2015

Lösungsblätter

Name:

Vorname:

Matrikelnummer:

E-Mail:

Bitte tragen Sie gleich zu Beginn der Prüfung Ihren Namen, Ihre Matrikelnummer und Ihre E-Mail-Adresse auf diesem Deckblatt ein.

Die Lösungen sowie der **vollständige** und **nachvollziehbare Lösungsweg** sind in die dafür vorgesehenen Lösungsblätter einzutragen. Nur diese werden bewertet. Bitte verwenden Sie nur dokumentenechtes Schreibzeug.

Bei Platzproblemen können die Rückseiten der Lösungsblätter benutzt oder zusätzliche Lösungsblätter angefordert werden. Eigenes Konzeptpapier ist nicht zugelassen und wird als unzulässiges Hilfsmittel bewertet.

Geben Sie am Ende der Prüfung alle zur Verfügung gestellten Lösungsblätter ab.

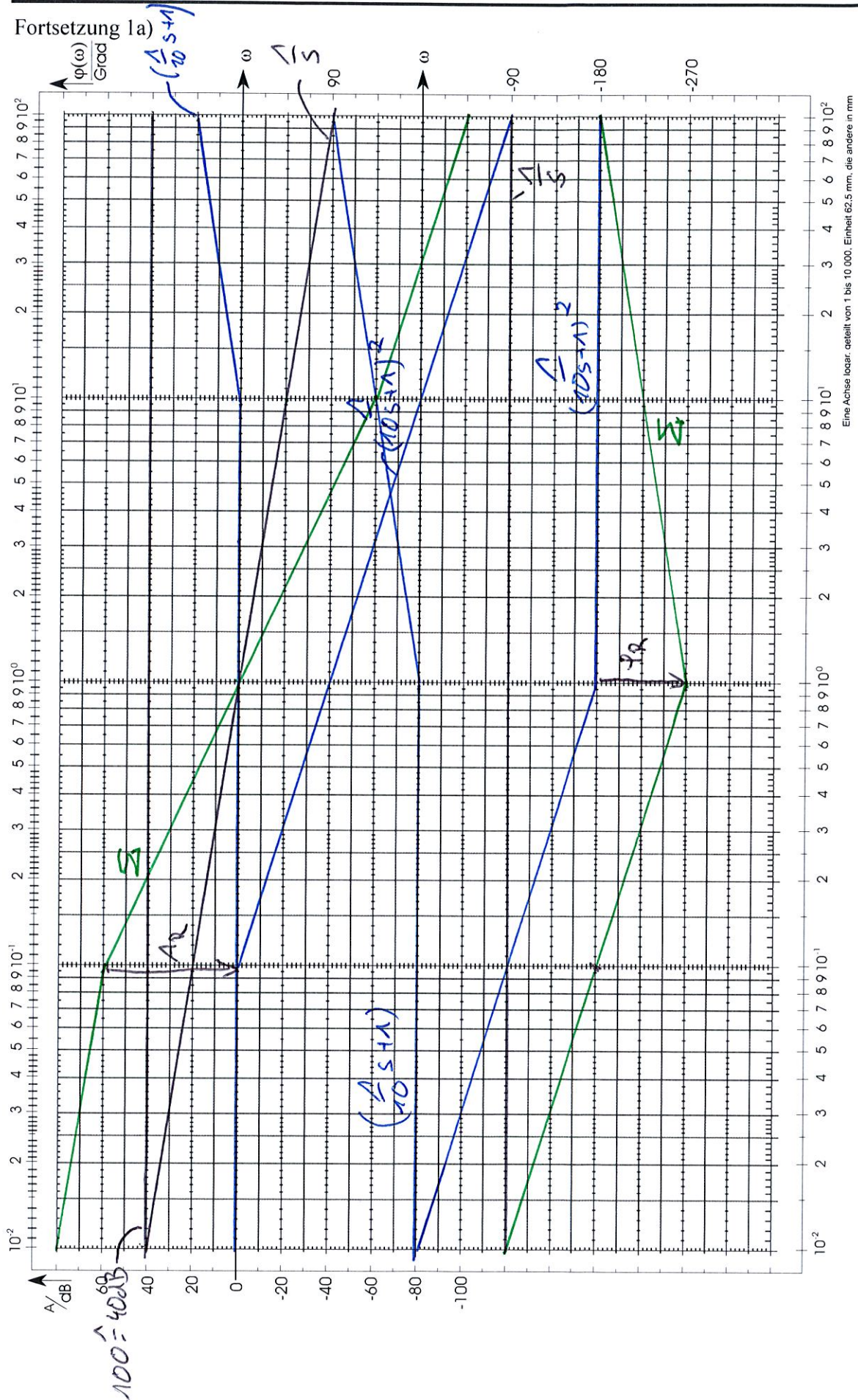
Aufgabe	Punkte
1	
2	
3	
4	
Σ	

1. Aufgabe

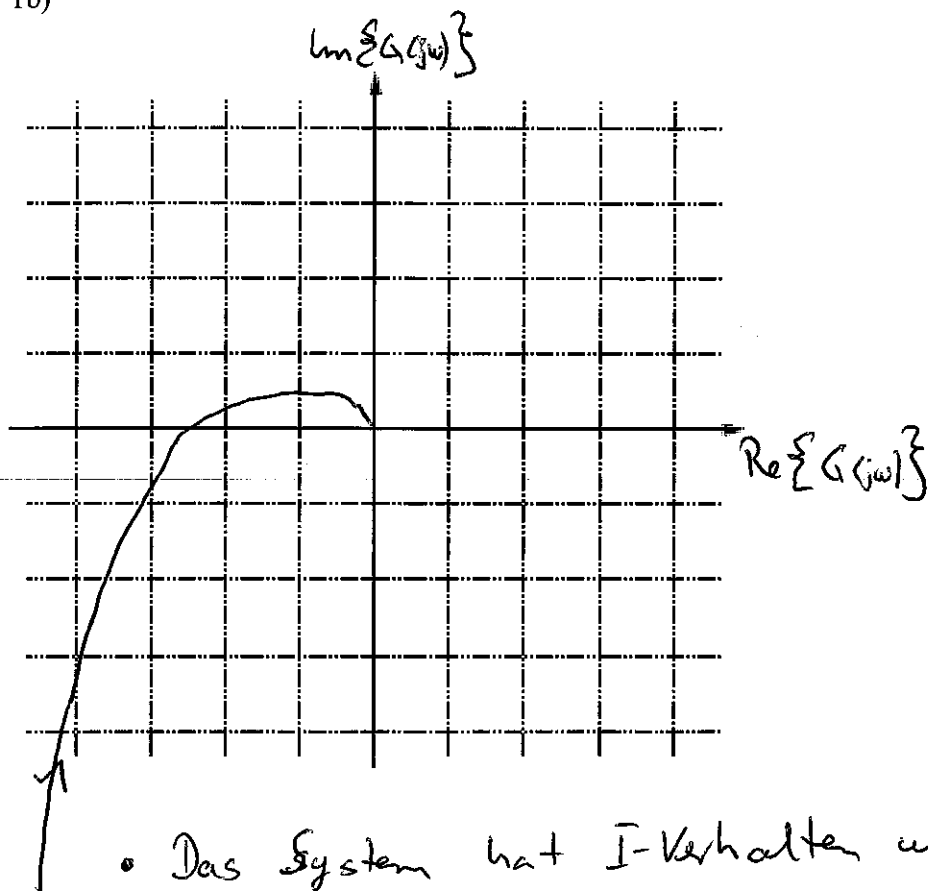
1a)

- $G(s) = 0,1 \frac{(s+10)}{s(s+0,1)^2} = 0,1 \frac{10 \left(\frac{1}{10}s+1\right)}{0,01 s (10s+1)^2} = 100 \frac{\left(\frac{1}{10}s+1\right)}{s(10s+1)^2}$
- Phasenreserve: $\varphi_R = -90^\circ$
Amplitudenreserve $A_R = -60\text{dB} \hat{=} \frac{1}{1000}$
- Für alle Werte K_R kleiner der Amplitudenreserve:
 $K_R < \frac{1}{1000}$
- Für $K_R < \frac{1}{1000}$ ist der geschlossene Kreis stationär genau, da er stabil ist $\Rightarrow$ Endwert existiert und der offene Kreis einen I-Anteil hat
- Strecke mit I-Anteil $\rightarrow$ Regler ohne I-Anteil
 $\Rightarrow$ PD-Regler

Fortsetzung 1a)



1b)



- Das System hat I-Verhalten und damit keinen stationären Endwert $\rightarrow$ nicht stationär genau.
- 1c)
- Führungsverhalten : $50^\circ < \varphi_R < 70^\circ$
 - Störverhalten : $\varphi_R \geq 30^\circ$

$$\bullet \gg G = \text{zpk}(-10, [0 \ -0.1 \ -0.1], 0.1)$$

$\gg \text{bode}(G)$

$\gg \text{nyquist}(G)$

1d)

$$\bullet G(s) = \frac{k}{1 + 2dT_s + T^2 s^2}$$

Steigung der Tangente:

$$\lim_{s \rightarrow \infty} s \cdot \frac{1}{s} \cdot s \cdot G(s) = s \cdot \frac{k}{1 + 2dT_s + T^2 s^2} = 0$$

$$\bullet \text{Für } v(t) = k_1 v_1(t) + k_2 v_2(t)$$

$$\text{folgt } S = k_1 S_1 + k_2 S_2$$

$$\bullet \dot{y}(t) = v(t) + 4 \quad y(t) = \int_0^t v(\tau) + 4 d\tau$$

$$\text{ges: } \tilde{y}(t) \text{ bei } \tilde{v}(t) = k_1 v_1(t) + k_2 v_2(t)$$

$$\tilde{y}(t) = 4t + \int_0^t k_1 v_1(\tau) + k_2 v_2(\tau) d\tau$$

$$\neq y_1(t) + y_2(t) = 8t + \int_0^t k_1 v_1(\tau) + k_2 v_2(\tau) d\tau \Rightarrow \text{nicht linear}$$

$$\bullet y(t) = \int_0^t \int_0^t v(t) dt dt$$

$$\tilde{y}(t) = \int_0^t \int_0^t \tilde{v}(t) dt dt = k_1 \int \int v_1 + k_2 \int \int v_2 = k_1 y_1 + k_2 y_2$$

 $\Rightarrow$ linear

2. Aufgabe

2a) •



$$P_{\text{mech}} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \frac{16}{27} = \frac{4}{5} v^3$$

$$P_{\text{el}} = 0,5 \cdot P_{\text{mech}} = \frac{2}{5} v^3$$

$$\phi_i = k \cdot U_i$$

$$P_{\text{el}} = U_{\text{ges}} \cdot I = \frac{U_{\text{ges}}^2}{R_{\text{ges}}} = \frac{U_{\text{ges}}^2}{10R}$$

$$\phi_{\text{ges}} = k \cdot U_{\text{ges}}$$

$$U_{\text{ges}} = \sqrt{P_{\text{el}} \cdot 10R}$$

$$= k \cdot \sqrt{4000 v^3}$$

$$v_{\text{AP}} = 10$$

$$\phi_{\text{AP}} = k \cdot \sqrt{4000 \cdot 1000} = 2000k$$

$$\Delta \phi_L = \left. \frac{\partial \phi_L}{\partial v} \right|_{v_{\text{AP}}} \cdot \Delta v = k \cdot \sqrt{4000} \cdot \frac{3}{2} \sqrt{v_{\text{AP}}} \cdot \Delta v$$

$$= k \cdot \frac{3}{2} \cdot 200 \cdot \Delta v = 300k \cdot \Delta v$$

- Keine Polstelle in der rechten Halbebene $\Rightarrow$ stabil
- keine Pol- oder Nullstelle in der rechten Halbebene $\Rightarrow$ minimalphasig

2b) mit $v = 40$

$$NL: \Phi_{ges} = K \cdot \sqrt{4000 \cdot 40^3} = K \cdot \sqrt{40^4 \cdot 100} = K \cdot 40^2 \cdot 10 = 16000 K$$

$$\text{linear: } \Phi_L = 2000K + 300K \cdot 30 = 11000 K$$

deutlicher Unterschied, daher nicht geeignet

alternativ mit $v = 30$

$$NL: \Phi_{ges} = K \cdot \sqrt{4000 \cdot 30^3} = K \sqrt{4000 \cdot 27000} \approx 10000 K$$

$$\text{linear: } \Phi_L = 2000K + 300K \cdot 20 = 8000 K$$

deutlicher Unterschied, daher nicht geeignet

2c)

- Eine Stellgröße / Stellaimrichtung muss hinzugefügt werden
- - Einstellbare Rotorblätter
 - drehbarer Rotor
 - zusätzlicher Speicher (Batterie)
 - Schaltung mit der überschüssige Energie gespeichert oder in Wärme umgesetzt wird
- Störgröße
- Bsp. einstellbare Rotorblätter mit Winkel φ



3. Aufgabe

- 3a) • - Zeitdiskreter Replarentwurf
 - Fast Sampling Design (FSD)

$$G_s(s) = K \frac{s+1,5}{(s+1)(s+3)}$$

$$T_{\text{ustin}}: s \rightarrow \frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1}$$

$$G_z(z) = K \frac{\frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1} + 1,5}{\left(\frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1} + 1\right) \left(\frac{2}{T} \frac{z-1}{z+1} + 3\right)} \quad T=1$$

$$= \frac{K (2(z-1)(z+1) + 1,5(z+1)^2)}{(2z-2+z+1)(2z-2+3z+3)}$$

$$= \frac{K (2z^2 - 2 + 1,5z^2 + 3z + 1,5)}{(3z-1)(5z+1)}$$

$$= K \frac{(3,5z^2 + 3z - 0,5)}{15z^2 - 2z - 1}$$

- - Deadbeat
 - Teilweise Kompensation
 - Kompensationsregler
 - WOK-Verfahren
 - Frequenzkennlinien-Verfahren

3b)

Schnittpunkt mit reeller Achse sei $x = \frac{3}{4}$

$$k_{krit} = \frac{1}{x} = \frac{4}{3}$$

$$T_{krit} = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = \pi$$

$$R(s) = K_R \left(1 + \frac{1}{T_N s} + T_V s \right)$$

$$\text{mit } K_R = 0,6 \cdot \frac{4}{3} = \frac{4}{5}$$

$$T_N = 0,5 \pi$$

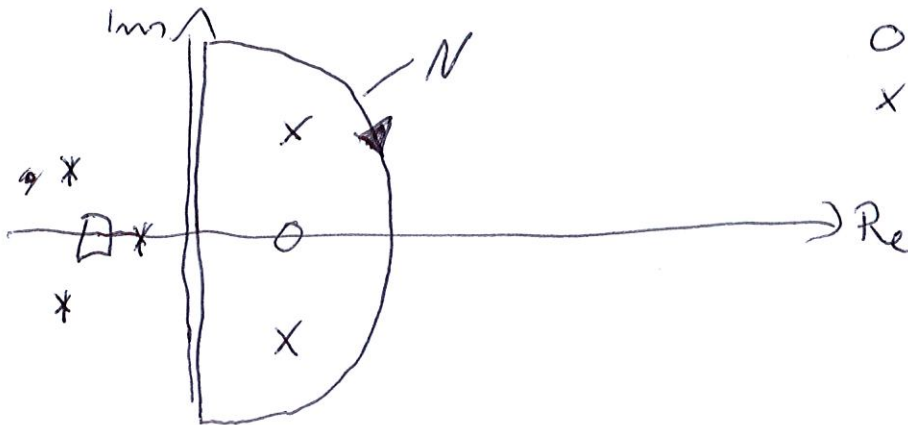
$$T_V = 0,12 \pi$$

3c)

- Die Empfindlichkeit bzw. den dynamischen Regelfaktor
 - ① Regelung besser als Steuerung
 - ② Steuerung besser als Regelung
 - ③ Steuerung und Regelung gleich gut
- Die Flächen $\bar{F}_1$ und $\bar{F}_2$ sind gleich groß

- 3d) • Untersuchung der Eigenschaften der komplexen Abbildung $1 + \bar{T}_0(s)$ für $s \in N$

• Dabei ist N der Nyquist-Pfad:



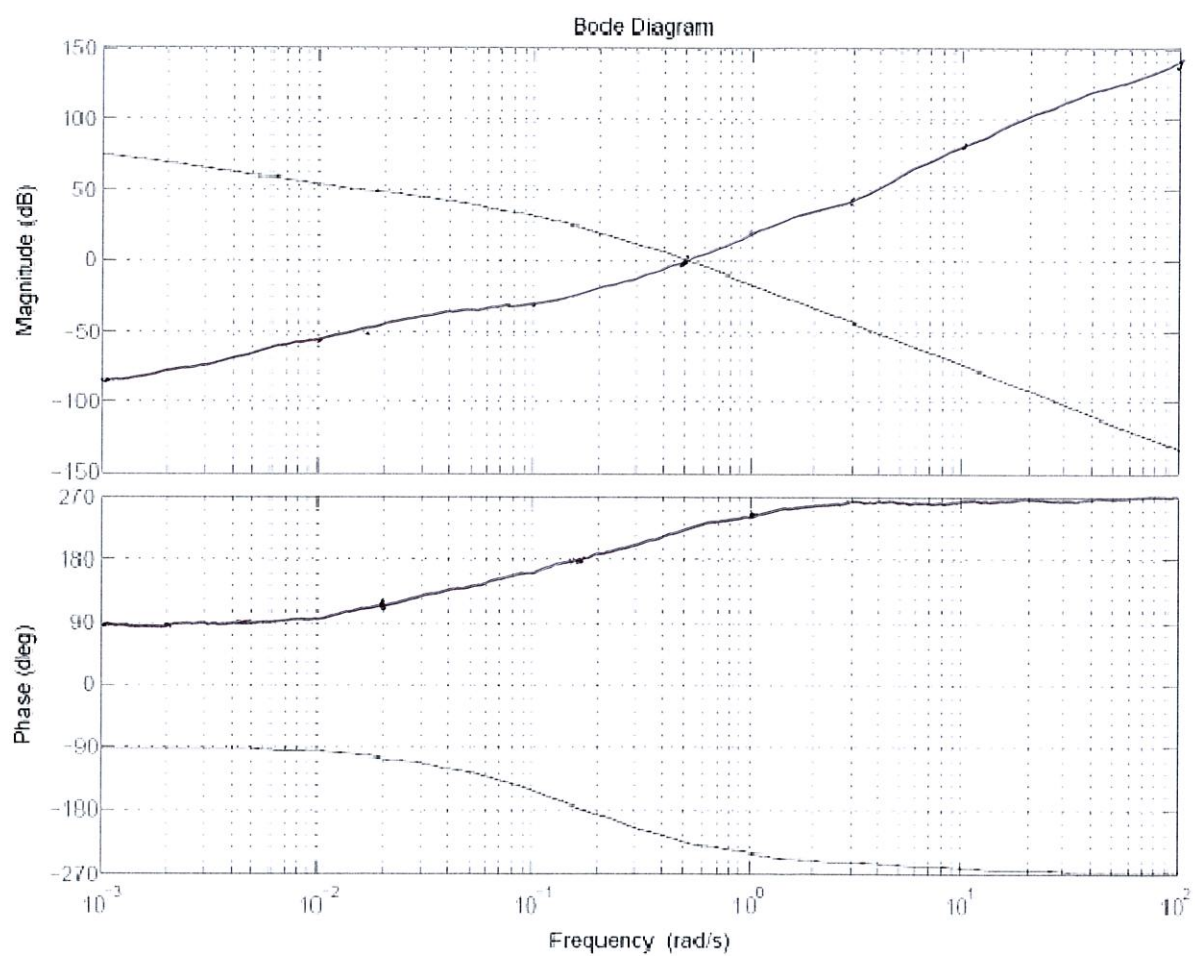
o Pole des geschl. Kreises
x Pole des offenen Kreises

- $r \rightarrow \infty$

- $\Delta \Phi$ ist $> \Delta \Phi_{\text{stabil}}$ würde bedeuten, dass mehr Pole des offenen Kreises aus der rechten Halbebene im geschlossenen Kreis nicht mehr in der rechten Halbebene sind als der offene Kreis Pole in der rechten Halbebene besitzt.
Eine negative Anzahl an Polen ist jedoch nicht möglich.

4. Aufgabe

4a) $G_{WM} = 0,5$ $G_R(s) = \frac{1}{G(s)} \cdot \frac{0,5}{1-0,5} = \frac{1}{G(s)}$
 $\Rightarrow$ Kennlinie invertieren



- Differenzierender Anteil
- starke Verstärkung hoher Frequenzen

4b) I-Anteil (-90° Phase links)

11st. Dreht um $+90^\circ$.

$\Rightarrow$ 3 weitere Pole links

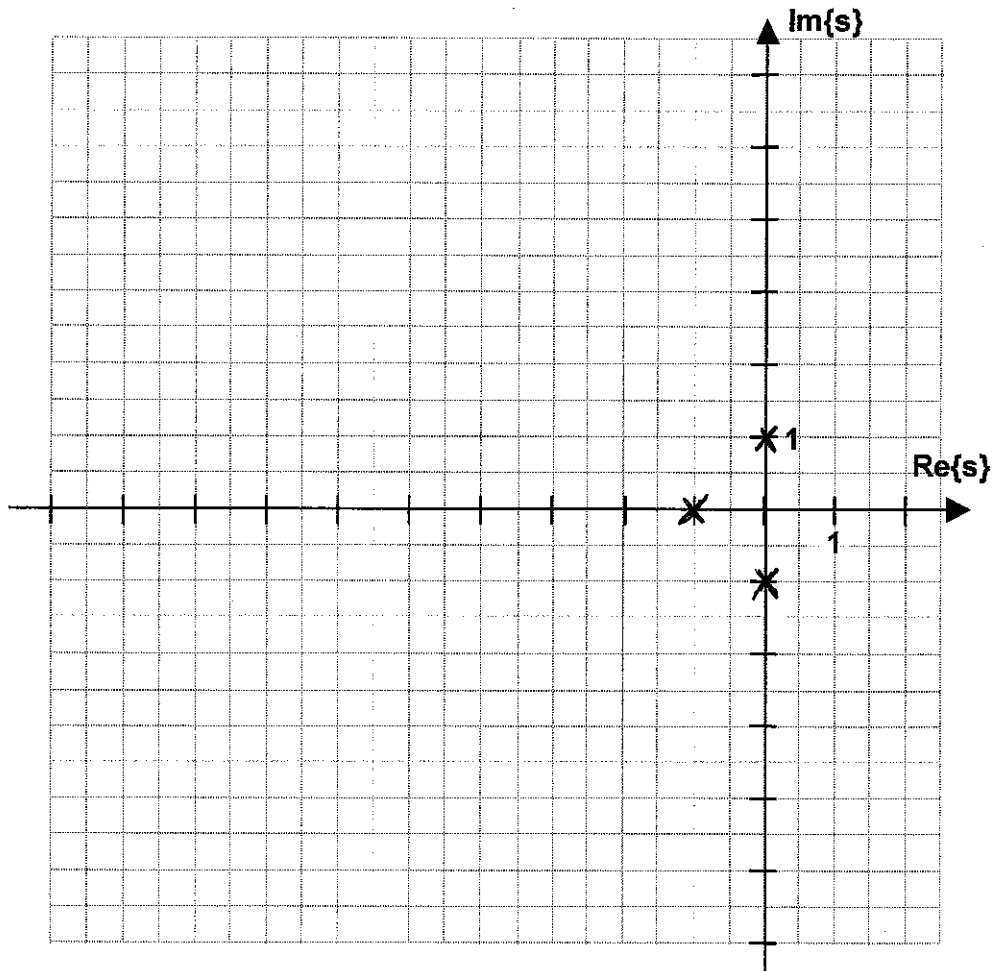
• pole(Gs)

zero(Gs)

4c) • Das Verhalten der Pole des geschlossenen Kreises in Abhängigkeit der Regelverstärkung K_v

$$\bullet s^3 + s^2 + s + 1 = 0 \quad \Rightarrow \quad s_1 = -1$$

$$s_{2/3} = \pm j$$



4d)

- $T_2 \gg \bar{T}_1, \bar{T}_3$

- $y = \int_0^{\infty} e^2(t) dt$

- $E(s) = \frac{1}{1+\bar{T}_0(s)} \cdot \frac{1}{s} = \frac{(\bar{T}_1 s + 1)(\bar{T}_3 s + 1)s}{(\bar{T}_1 s + 1)(\bar{T}_3 s + 1)s + k} \cdot \frac{1}{s}$

$$= \frac{(\bar{T}_1 s + 1)(\bar{T}_3 s + 1)}{(\bar{T}_1 s + 1)(\bar{T}_3 s + 1)s + k} = \frac{C(s)}{D(s)}$$

- $\frac{c_0 + c_1 s + c_2 s^2}{d_0 + d_1 s + d_2 s^2 + d_3 s^3} = \frac{(\bar{T}_1 s + 1)(\bar{T}_3 s + 1)}{(\bar{T}_1 s + 1)(\bar{T}_3 s + 1)s + k}$

nur d_0 ist von k abhängig