Fakultät Fahrzeugtechnik Prof. Dr.-Ing. B. Lichte Institut für Fahrzeugsystem- und Servicetechnologien	**Modulprüfung** **Regelungstechnik** **Kurzfragenteil**	Name:..
Hilfsmittel: Keine Zeit: 30 Min.	WS 2017/2018 11.01.2018	Vorname:.. Matr.Nr.:..

Kurzfrage 1 – (9 Punkte) Amplituden- und Phasenreserve

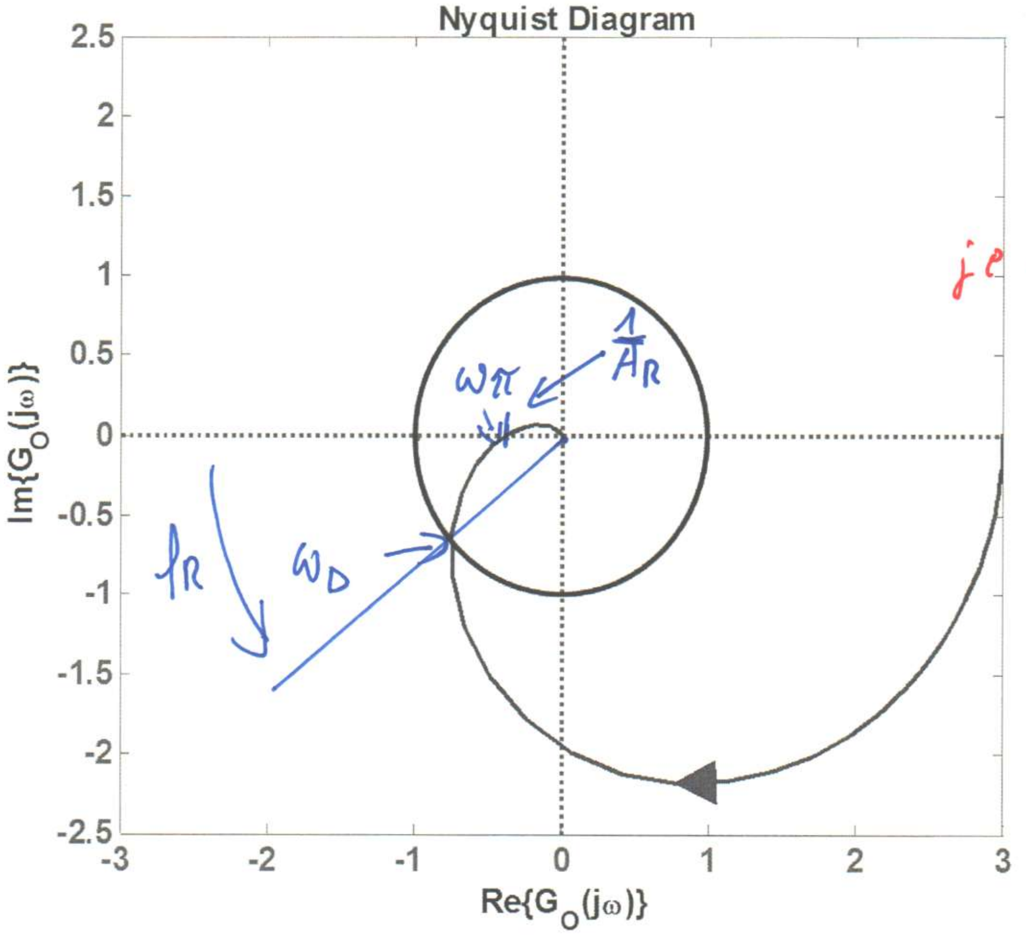
(4 P) Tragen Sie in das nachstehende Nyquist-Diagramm folgende Größen ein:

a) Durchtrittskreisfrequenz ω_D

b) Phasenreserve (Phasenrand) φ_R

c) Amplitudenreserve (Amplitudenrand) A_R

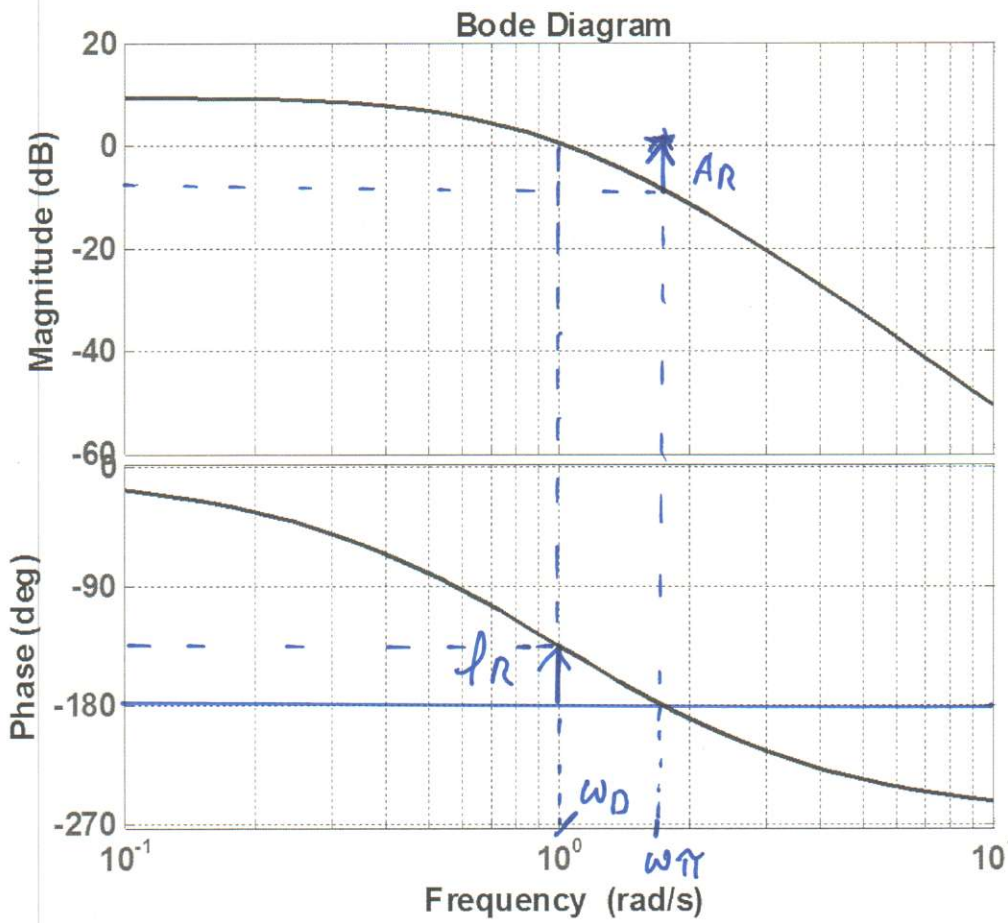
d) ω_π



je 1 Punkt

(5 P) Tragen Sie in das nachstehende Bode-Diagramm folgende Größen ein:

a) Durchtrittskreisfrequenz ω_D
b) Phasenreserve (Phasenrand) φ_R
c) Amplitudenreserve (Amplitudenrand) A_R
d) ω_π
e) Ist der Regelkreis stabil (kurze Begründung)?



je 1P

e) Der Regelkreis ist stabil, da $\varphi_R > 0$.
oder: Frequenzgang: Betragskennlinie bei ω_π unterhalb 0 dB-Linie. 1P
⋮

K2

a) Übertragungsfunktion der Regelstrecke

$x(t) \circ\!\!-\!\!\bullet X(s)$ und $y(t) \circ\!\!-\!\!\bullet Y(s)$ 1 P

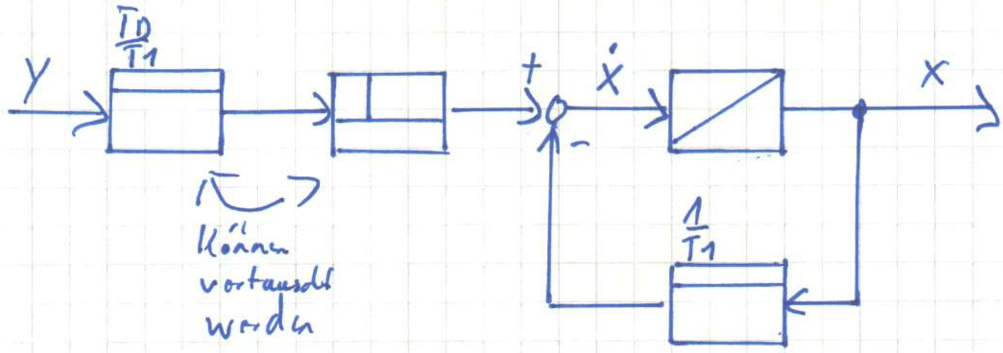
Laplace-Transformation der DGL liefert (AW = 0):

$$s T_1 X(s) + X(s) = s T_D Y(s) \quad 1\,P$$

$$G_S(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{s T_D}{1 + s T_1} \quad 1\,P$$

b) Auflösen nach der höchsten Ableitung liefert:

$$\dot{x}(t) = \frac{T_D}{T_1} \dot{y}(t) - \frac{1}{T_1} x(t) \quad 1\,P$$



5 P

c) D-T1-Glied 1 P

Kurzfrage 3 – (14 Punkte) Verständnisfragen

Kreuzen Sie an, ob die folgenden Aussagen richtig oder falsch sind. **Falsche** Antworten führen zu einem **Punktabzug**.

Aussage	**richtig**	**falsch**
Wie sieht die Übertragungsfunktion eines idealen PID-Reglers aus?		
1. $G_R(s) = K_P + K_I \frac{1}{s} + K_D\, s$.	X	
2. $G_R(s) = K_{PP} \frac{(1+T_N s)(1+T_V s)}{T_N s}$.	X	
3. $G_R(s) = K_{PP} \frac{(1+T_N s)(1+T_V s)}{T_N s\,(1+T_1 s)}$.		X
Welche Aussagen über Steuerungen und Regelungen sind richtig?		
4. Für eine Steuerung wird kein Messwertgeber (Sensor) benötigt.	X	
5. Auch bei stabiler Strecke und stabiler Steuerung kann es zur Instabilität kommen, wenn die Parameter der Steuerung ungünstig gewählt werden.		X
6. Zur Steuerung verwendet man üblicherweise die (näherungsweise) Inverse des Streckenmodells.	X	
7. Die Regelgröße muss gemessen werden.	X	
8. Eine Regelung reagiert üblicherweise robust auf kleine Änderungen der Regelstrecke.	X	
Die Sprungantwort eines Systems ist $x(t) = 2\,(1 - e^{-t})$. Wie lautet die Impulsantwort des gleichen Systems?		
9. $x(t) = -2\, e^{-t}$.		X
10. $x(t) = 2\, e^{-t}$.	X	
11. $x(t) = 2\,(1 - e^{-t})\,(-1)$.		X
Welches Hilfsmittel kann genutzt werden, um eine Aussage zur Stabilität eines Systems zu machen, wenn die Regelstrecke eine Totzeit besitzt?		
12. Das Routh-Kriterium		X
13. Amplituden- und Phasenreserve.	X	
14. Das vereinfachte Nyquist-Kriterium.	X	

A1

$$G_0(j\omega) = \frac{10\,(1+\frac{1}{8}j\omega)}{(1+\frac{5}{2}j\omega)\,(1+\frac{1}{100}j\omega)}$$

$$|G_0(j\omega)| = \frac{10\,\sqrt{1+(\frac{\omega}{8})^2}}{\sqrt{1+(\frac{5}{2}\omega)^2}\,\sqrt{1+(\frac{\omega}{100})^2}}$$

$$|G_0(j\omega)|_{dB} = 20\log(10) + 20\log\sqrt{1+(\tfrac{\omega}{8})^2} - 20\log\sqrt{1+(\tfrac{5}{2}\omega)^2} - 20\log\sqrt{1+(\tfrac{\omega}{100})^2}$$

3 P

Knickfrequenzen: $\omega_1 = \frac{2}{5}\,\frac{rad}{sec}$ $\quad \omega_2 = 8\,\frac{rad}{sec}$

$\omega_3 = 100\,\frac{rad}{sec}$

$1\frac{1}{2}$ P

$\omega \ll \frac{2}{5}$: $|G_0(j\omega)|_{dB} \approx 20\,dB$ 1 P

$\frac{2}{5} \ll \omega \ll 8$: $|G_0(j\omega)|_{dB} \approx 20\,dB - 20\log(\frac{5}{2}\omega)$ 2 P

$\rightsquigarrow$ $-20\,dB$ / Dekade

$8 \ll \omega \ll 100$: $|G_0(j\omega)|_{dB} \approx 20\,dB - 20\log(\frac{5}{2}\omega) + 20\log(\frac{\omega}{8})$ 2 P

$\rightsquigarrow$ $0\,dB$ / Dekade

$100 \ll \omega$: $|G_0(j\omega)|_{dB} \approx 20\,dB - 20\log(\frac{5}{2}\omega) + 20\log(\frac{\omega}{8}) - 20\log(\frac{\omega}{100})$ 2 P

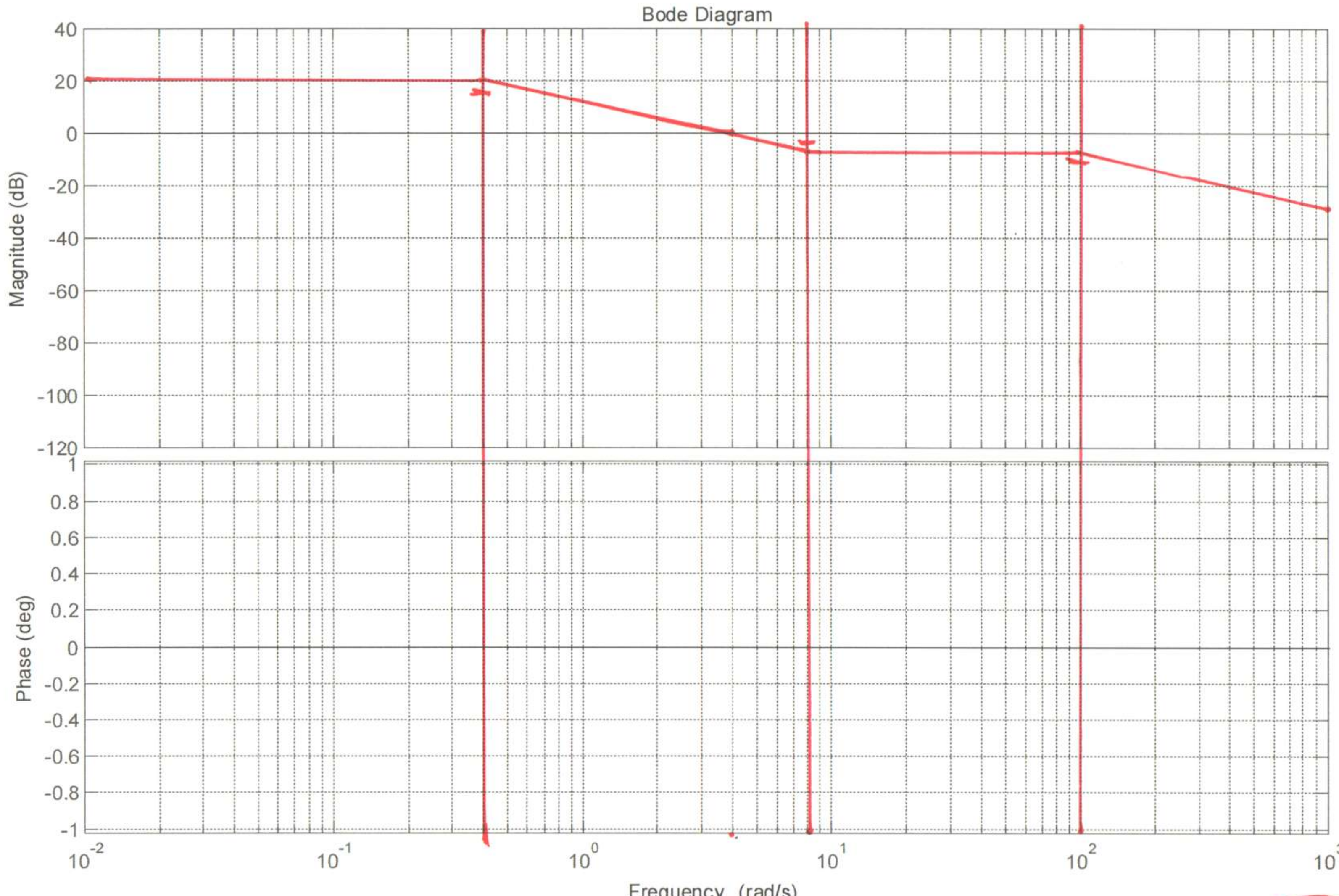
$\rightsquigarrow$ $-20\,dB$ / Dekade

$\omega = \frac{2}{5}$ $\rightsquigarrow$ $-3\,dB$

$\omega = 8$ $\rightsquigarrow$ $+3\,dB$

$\omega = 100$ $\rightsquigarrow$ $-3\,dB$

$1\frac{1}{2}$ P



2P

1,5

1,5

Σ 5P

A2

<u>a)</u> D-T1-Glied 1P

<u>b)</u>

$$H(s) = \frac{5s}{s+2} \cdot \frac{1}{s} = \frac{5}{s+2} \quad \bullet\!\!-\!\!\circ \quad h(t) = 5e^{-2t}\sigma(t)$$

↳ Anfangswert $h(0) = 5$

Endwert $\lim_{t\to\infty} h(t) = 0$ 4P

<u>c)</u> Bezogene Anstiegsantwort: $Y(s) = \frac{1}{s^2}$

$$X(s) = \frac{5s}{s+2} \cdot \frac{1}{s^2} = \frac{5}{s(s+2)} = \frac{A}{s} + \frac{B}{s+2}$$ 3P

$\Rightarrow 5 = A(s+2) + Bs$ 1P

<u>$s \to 0$:</u> $5 = A \cdot 2 \Rightarrow A = \frac{5}{2}$ 1P

<u>$s \to -2$:</u> $5 = B(-2) \Rightarrow B = -\frac{5}{2}$ 1P

$$X(s) = \frac{5}{2}\frac{1}{s} - \frac{5}{2}\frac{1}{s+2}$$

$\circ\!\!-\!\!\bullet$

$$x(t) = \left(\frac{5}{2} - \frac{5}{2}e^{-2t}\right)\sigma(t)$$ 2P

$x(0) = \frac{5}{2} - \frac{5}{2} = 0$

$\lim_{t\to\infty} x(t) = \frac{5}{2} - 0 = \frac{5}{2}$ 1P

Aufgabe 2 – (17 Punkte) Laplace-Transformation

Gegeben ist die folgende Übertragungsfunktion:

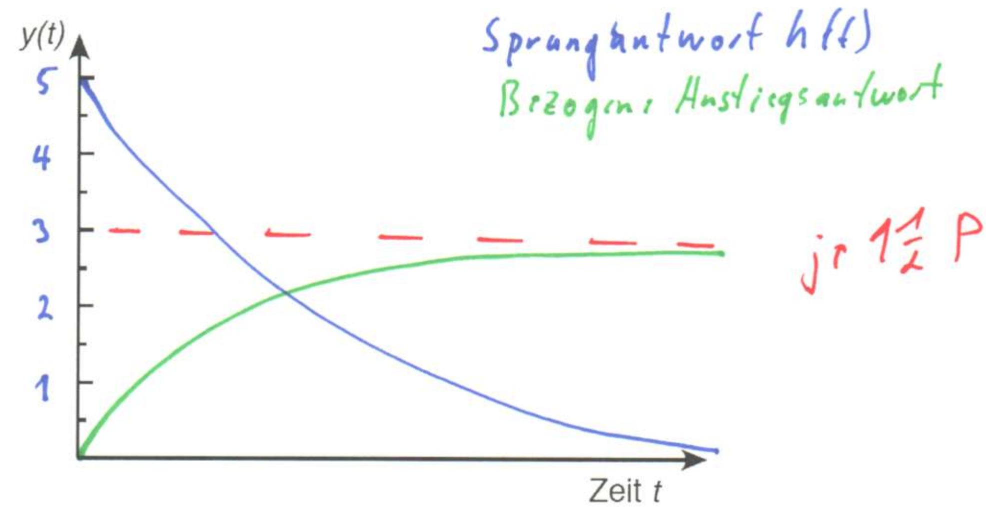
$$G(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{5\,s}{s+2}$$

a) (1 P) Wie heißt diese Übertragungsfunktion?

b) (4 P) Berechnen Sie die bezogene Sprungantwort $h(t)$. Geben Sie explizit den Anfangs- und Endwert an.

c) (9 P) Berechnen Sie die bezogene Anstiegsantwort durch Anwendung der Partialbruchzerlegung. Geben Sie explizit den Anfangs- und Endwert an.

d) (3 P) Skizzieren Sie die Antworten aus b) und c) in dem nachstehenden Diagramm



A3

a) Nullstellen: $s_{N_1} = -5$

Polstellen: $s_{P_1} = -2$

$s_{P_{2/3}} = -1 \pm \sqrt{1-2} \rightsquigarrow s_{P_2} = -1 + j$

$s_{P_3} = -1 - j$ 2P

Offene RK ist stabil, da alle Pole des offenen Kreises in der linken s-Halbebene liegen. 1P

b) $m = 1$ und $n = 3$ 1P

$\varphi_1 = \frac{1}{2} 180° = 90°$

2P

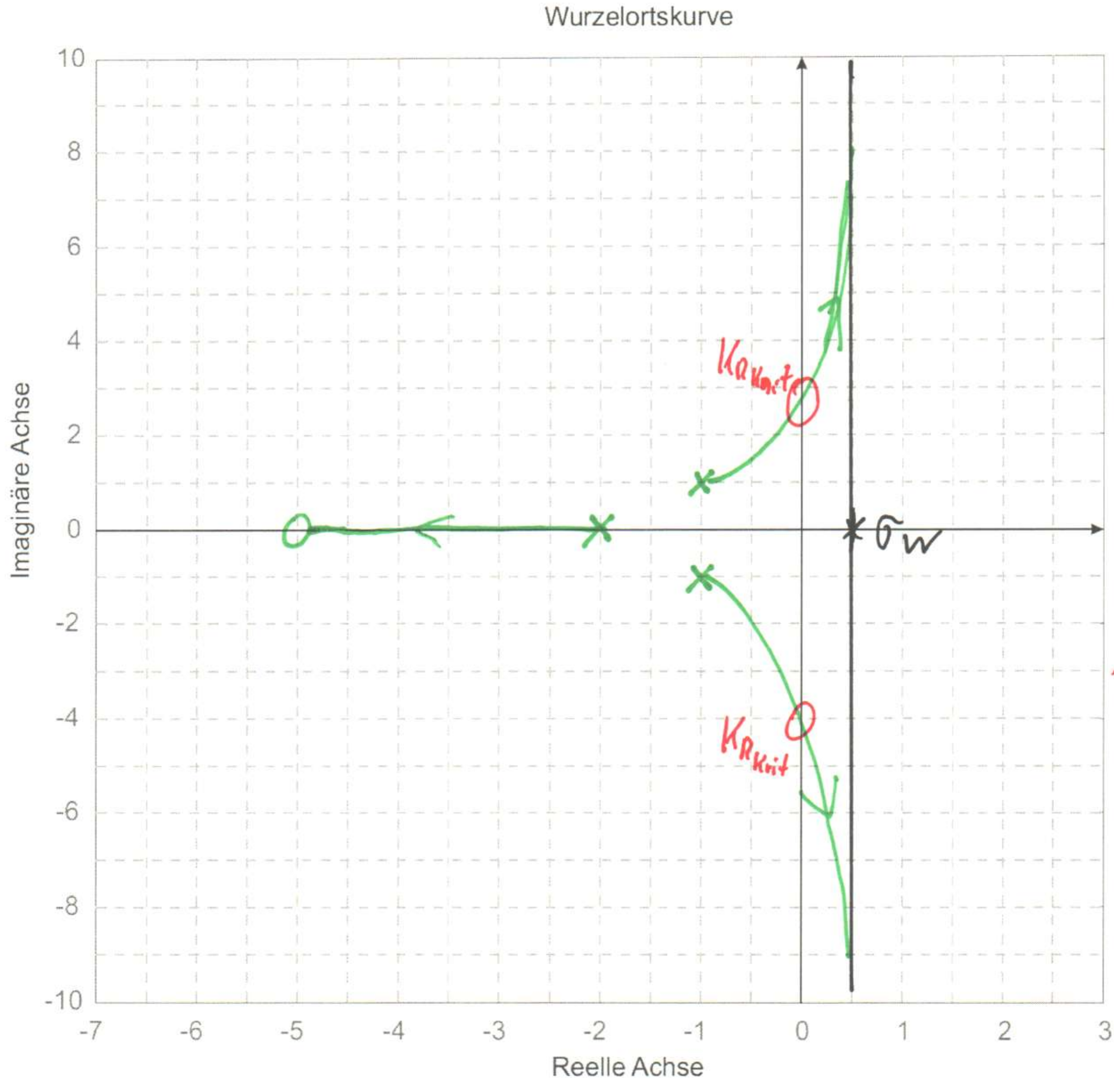
$\varphi_2 = \frac{3}{2} 180° = 270°$

$\sigma_W = \frac{-1-1-2-(-5)}{3-1} = \frac{1}{2}$ 1P

c) Wenn $K_R > K_{R,krit}$ gewählt wird (siehe Skizze) dann ist der Regel Kreis instabil.

Für $0 < K_R < K_{R,krit}$ ist die RK stabil. 2P

d) Beistrecken mit Totzeiten kann die WOK nicht so leicht wie zuvor gedeutet werden. 1P



2P
1P
1P
1P
2P
1P

A 4

a) $$G_W(s) = \frac{X(s)}{W(s)} = \frac{G_R(s)\, G_1(s)}{1 + G_R(s)\, G_1(s)\, G_2(s)}$$

Alternative: $X(s) = G_R(s)\, G_1(s) \left(W(s) - G_2(s)\, X(s) \right)$

$$\Rightarrow \left(1 + G_R(s)\, G_1(s)\, G_2(s)\right) X(s) = G_R(s)\, G_1(s)$$

$$\Rightarrow G_W(s) = \frac{X(s)}{W(s)} = \frac{G_R(s)\, G_1(s)}{1 + G_R(s)\, G_1(s)\, G_2(s)}$$

$$G_W(s) = \frac{K_R \frac{s+4}{(s+1)^2}}{1 + K_R \frac{s+4}{(s+1)^2} \frac{1}{1+2s}}$$

$$= \frac{K_R\,(s+4)\,(1+2s)}{(s+1)^2\,(1+2s) + K_R\,(s+4)}$$

6P

$$= \frac{K_R\,(s+4)\,(1+2s)}{(s+1)^2\,(1+2s) + K_R\,(s+4)}$$

b) charakt. Polynom der Führungsübertragungsfunktion:

$$(s+1)^2\,(1+2s) + K_R\,(s+4) =$$

$$(s^2+2s+1)\,(1+2s) + K_R s + 4 K_R =$$

$$2s^3 +$$
$$s^2 + 4s^2 +$$
$$+ 2s + 2s + K_R s +$$
$$+ 1 + 4K_R =$$

3P

$$= 2s^3 + 5s^2 + (4+K_R)\,s + (1 + 4K_R)$$

notw. Bedingung: Alle Koeffizienten vorhanden und haben das gleiche Vorzeichen

$\rightsquigarrow \quad 4 + K_R > 0 \quad \rightsquigarrow \quad K_R > -4$

2P

in der Regel „erfüllt“, da $K_R > 0$

$1 + 4K_R > 0 \quad \rightsquigarrow \quad K_R > -\frac{1}{4}$

in der Regel „erfüllt“, da $K_R > 0$

hinreichende Bedingung über das Routh-Schema:

2	$4+K_R$
5	$1+4K_R$
A	0
$1+4K_R$	

1P

2P

$$A = \frac{5(4+K_R) - 2(1+4K_R)}{5} > 0$$

$$\rightsquigarrow 20 + 5K_R - 2 - 8K_R > 0$$

$$18 > 3K_R$$

$$\underline{\underline{K_R < 6}}$$

2P

Insgesamt: $0 < K_R < 6$

c) Für den stationären Endwert der Übergangsfunktion gilt:

$$\lim_{t \to \infty} h(t) = \lim_{s \to 0} s\,H(s) = \lim_{s \to 0} s\,G_W(s)\,\frac{1}{s}$$

2P

$$= \lim_{s \to 0} G_W(s)$$

$$= \lim_{s \to 0} \frac{K_R(s+4)(1+2s)}{(s+1)^2(1+2s) + K_R(s+4)}$$

2P

$$= \frac{4K_R}{1+4K_R} \neq \frac{24}{25} \quad (\text{mit } 0 < K_R < 6 \text{ aus b})$$

1P

Der P-Regler muss um einen I-Anteil ergänzt werden, es muss ein PI-Regler genutzt werden.

1P