


Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften  Fakultät Fahrzeugtechnik Prof. Dr.-Ing. B. Lichte Institut für Fahrzeugsystem- und Servicetechnologien	Modulprüfung Regelungstechnik BPO 2011 WS 2016/2017 05.01.2017	Name:.....
		Vorname.....
		Matr.Nr.:.....
		Unterschrift.....

Zugelassene Hilfsmittel: Kurzfragen: Keine
Aufgaben: Eigene Formelsammlung DIN A4 doppelseitig
Nichtprogrammierbarer Taschenrechner

Zeit: Kurzfragen: 30 Min.
Aufgaben: 60 Min.

Punkte:

K1	K2	K3	A1	A2	A3	A4	Summe (max. 90)	Prozente	Note

Bearbeitungshinweise:

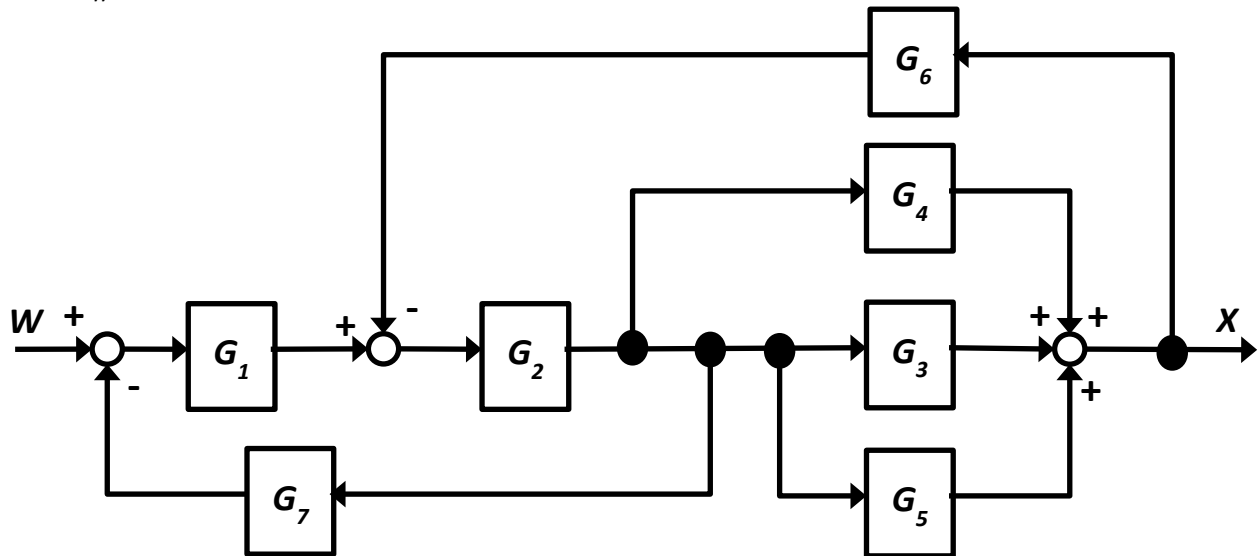
- Verwenden Sie nur das **ausgeteilte Papier** für Ihre Rechnungen und Nebenrechnungen. Zusätzliches Papier erhalten Sie von den Aufsichtsführenden. Beschriften Sie die Deckblätter mit Namen, Matrikel-Nr. und Unterschrift.
- Existiert für eine Teilaufgabe mehr als ein Lösungsvorschlag, so wird diese Teilaufgabe mit 0 Punkten bewertet. Verworfenen Lösungsansätze sind durch deutliches Durchstreichen kenntlich zu machen. Schreiben Sie **keine Lösungen in roter Farbe**.
- Ihre Lösung muss Schritt für Schritt nachvollziehbar sein. Geben Sie zu allen Lösungen, wenn möglich auch das zugehörige **Formelergebnis** ohne Zahlenwerte an (Punkte). Die schlichte Angabe des Zahlenergebnisses reicht i. allg. für die volle Punktzahl nicht aus.
- Lösen Sie die Heftklammern nicht.

Fakultät Fahrzeugtechnik Prof. Dr.-Ing. B. Lichte Institut für Fahrzeugsystem- und Servicetechnologien	Modulprüfung Regelungstechnik	Name:.....
Hilfsmittel: Keine Zeit: 30 Min.	Kurzfragenteil	Vorname.....
	WS 2016/2017 05.01.2017	Matr.Nr.:.....

Kurzfrage 1 – (10 Punkte) Blockschaltbild-Umformung

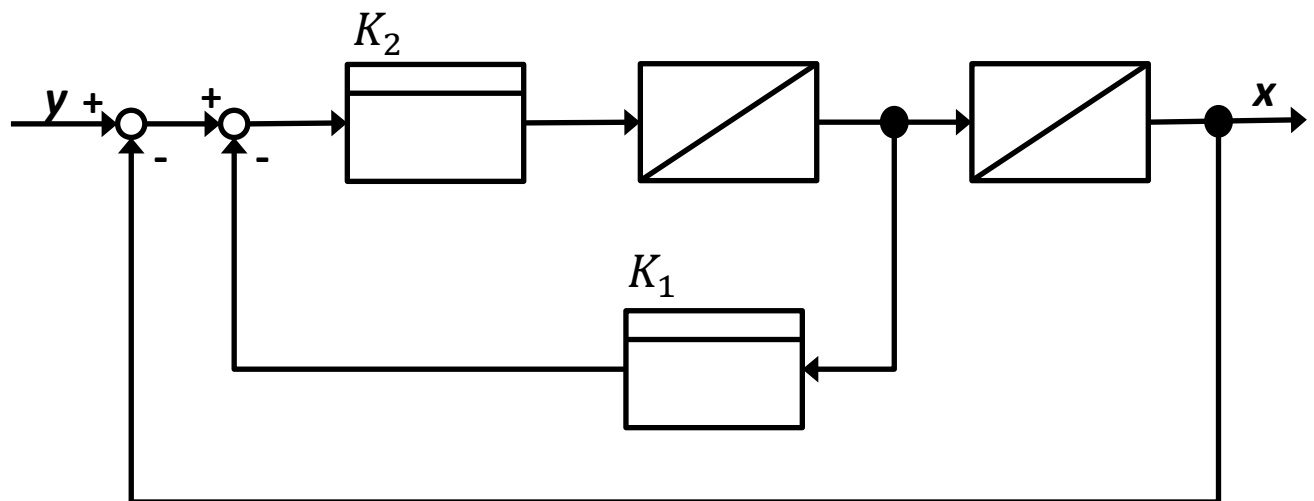
Bestimmen Sie für das u.a. Blockschaltbild durch Umformungen die Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{X}{W}.$$



Kurzfrage 2 – (12 Punkte) Wirkungsplan

Gegeben ist der folgende Wirkungsplan einer Regelstrecke:



Beschriften Sie zunächst die Ein- und Ausgänge der Integratoren.

Leiten Sie aus dem Wirkungsplan die Differentialgleichung her und bestimmen Sie anschließend die Übertragungsfunktion $G_S(s) = \frac{X(s)}{Y(s)}$ (Anfangswerte sind alle gleich Null).

Wie nennt man dieses Übertragungsglied?

Die Konstanten K_1 und K_2 sind echt größer Null. Was lässt sich dann über die Stabilität der Regelstrecke sagen? (Kurze Begründung)

Kurzfrage 3 – (15 Punkte) Verständnisfragen

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

Aussage	richtig	falsch
Die Antwort der Übertragungsfunktion $G_1(s)$ auf eine bestimmte Eingangsfunktion lautet $y(t) = 5 \cdot (1 - e^{-2t})$. Wie lautet die Antwort des Systems $G_2(s) = s \cdot G_1(s)$ auf die gleiche Eingangsfunktion?		
1. $y(t) = 10 \cdot e^{-2t}$.		
2. $y(t) = 10 \cdot e^{2t}$.		
3. $y(t) = 5 \cdot (1 - e^{-2t})$.		
Bei welcher oder welchen der gegebenen Übertragungsfunktionen darf der Endwertsatz der Laplace-Transformation zur Berechnung des stationären Verhaltens angewendet werden?		
4. $G(s) = \frac{2}{s^2 + 2s + 5}$		
5. $G(s) = \frac{2}{s^2 - 2s + 5}$		
6. $G(s) = \frac{2}{s+4} e^{-5s}$		
Welche Aussagen gelten allgemein für Übertragungsfunktionen?		
7. Wenn sie ausschließlich konjugiert komplexe Pole haben, sind sie instabil.		
8. Wenn sie ausschließlich Polstellen, gleichgültig ob reell oder konjugiert komplex, mit negativem Realteil haben, sind sie stabil.		
9. Wenn sie Nullstellen mit positivem Realteil haben, sind sie instabil.		
Welche Aussagen über bleibende Regeldifferenzen sind richtig?		
10. Sie treten zum Beispiel bei sprungförmiger Führungsgröße auf, wenn weder die Regelstrecke noch der Regler einen I-Anteil aufweisen.		
11. Die Größe einer bleibenden Regelabweichung ist von der Verstärkung des offenen Regelkreises unabhängig.		
12. Durch einen I-Anteil im Regler lässt sich ein bleibender Regelfehler unabhängig von der Führungsgröße und der Streckenübertragungsfunktion vermeiden.		
Die Regelung von Strecken mit Totzeiten. . .		
13. ist problematisch, da Totzeiten die Phase im Frequenzgang absenken.		
14. ist unproblematisch, da Totzeiten für eine Stabilisierung des geschlossenen Regelkreises sorgen.		
15. ist aufwändiger, weil sich viele regelungstechnische Methoden, z.B. das Routh-Kriterium oder der Reglerentwurf mit Wurzelortskurve, nicht oder nicht direkt anwenden lassen.		

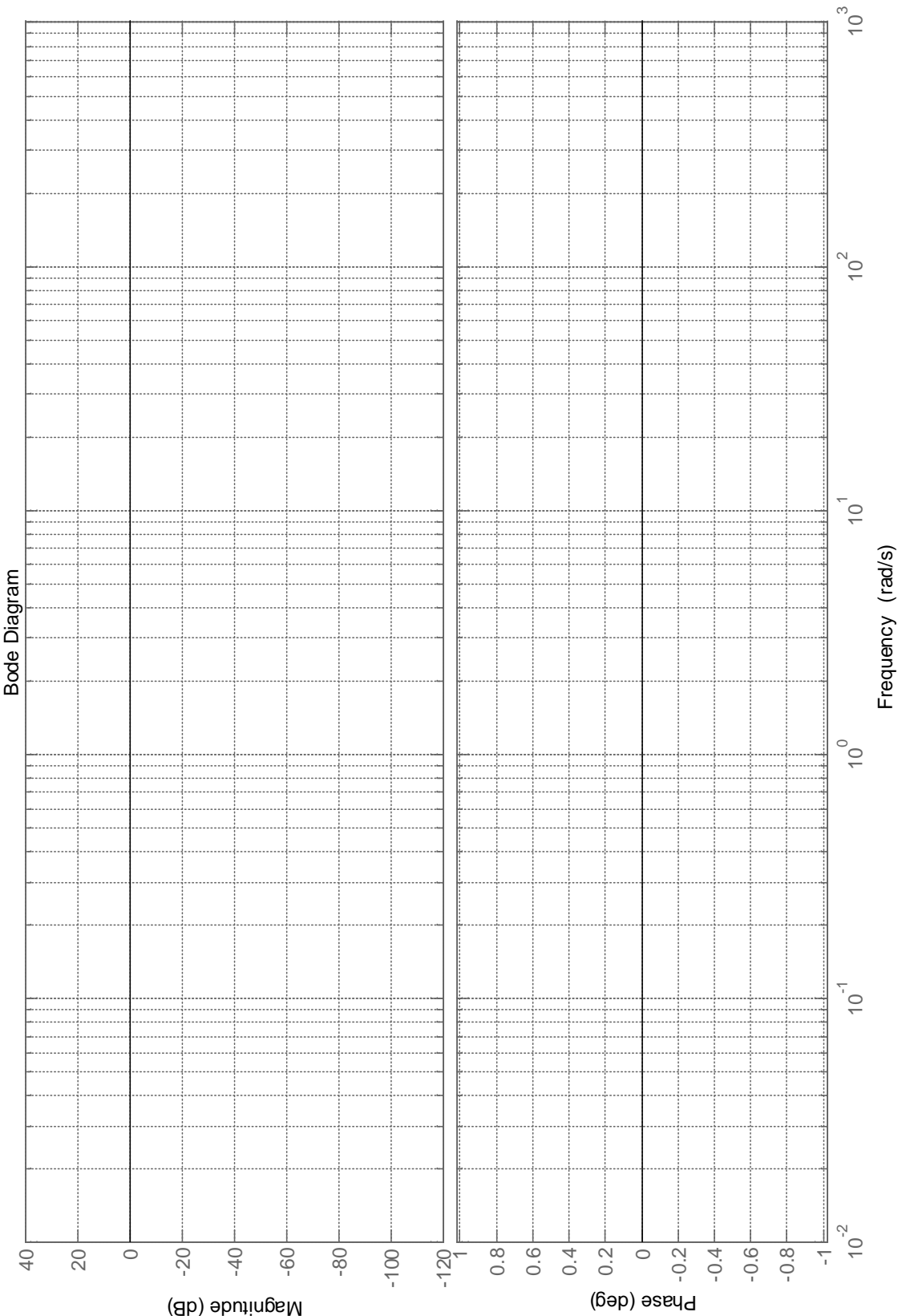
Fakultät Fahrzeugtechnik Prof. Dr.-Ing. B. Lichte Institut für Fahrzeugsystem- und Servicetechnologien	Modulprüfung Regelungstechnik Aufgabenteil	Name:.....
Hilfsmittel: Schriftl. Unterlagen Taschenrechner (n. program.) kein PC/Mobiltelefon Zeit: 60 Min.		Vorname.....
	WS 2016/2017 05.01.2017	Matr.Nr.:.....

Aufgabe 1 – (18 Punkte) Bode-Diagramm

Gegeben ist die Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises:

$$G_O(s) = \frac{0.1 \left(1 + \frac{1}{20}s\right)^2}{(1 + 2s)^2 \left(1 + \frac{1}{1000}s\right)} e^{-2s}$$

- (3 P) Was bewirkt das Totzeitglied? Ändert das Totzeitglied den Amplitudengang? Ändert das Totzeitglied den Phasengang? Wirkt das Totzeitglied stabilisierend?
- (15 P) Zeichnen Sie die asymptotischen Amplitudengänge in das unten abgebildete Diagramm. Kennzeichnen Sie die Eckfrequenzen und geben Sie die Asymptoten-Steigungen an.



Aufgabe 2 – (23 Punkte) Laplace-Transformation, Stabilität und stationäre Genauigkeit

Für den Lesekopf eines Festplattenlaufwerks soll eine Positionsregelung durchgeführt werden. Die zu regelnde Größe ist der Winkel des Lesekopfes $x(t) = \varphi(t)$. Der Lesekopf wird mit Hilfe eines Gleichstrommotors positioniert. Die Stellgröße des Regelungssystems ist daher die Ankerspannung $y(t) = u(t)$.

- a) (7 P) Der Einfachheit halber wird folgendes Modell für die Regelstrecke verwendet:

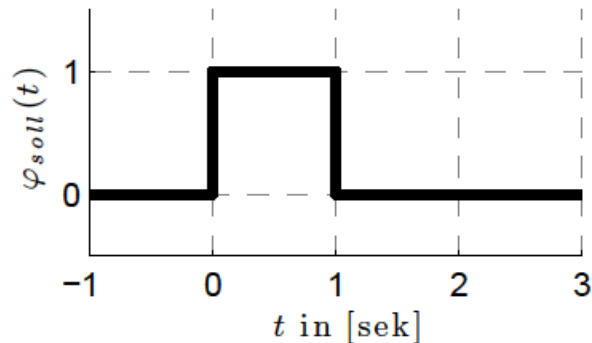
$$G_S(s) = \frac{5}{s(s+20)}.$$

Das System wird mit dem Regler

$$G_R(s) = 20$$

geregelt. Es liegt ein Standardregelkreis zu Grunde. Um welchen Reglertyp handelt es sich? Berechnen Sie die Führungsübertragungsfunktion $G_W(s)$ und ermitteln Sie die Pole des geschlossenen Regelkreises. Begründen Sie, warum es sich um ein stabiles System handelt.

- b) (16 P) Zur Positionierung des Lesekopfs wird dem System folgendes Zeitsignal als Führungsgröße $w(t) = \varphi_{soll}(t)$ aufgeschaltet:



Bestimmen Sie das Eingangssignal $W(s)$ aus dem oben abgebildeten Zeitverlauf und ermitteln Sie die resultierende Regelgröße $X(s) = G_W(s) W(s)$. Transformieren Sie die Regelgröße mittels inverser Laplace-Transformation in den Zeitbereich, um $x(t)$ zu erhalten. Eine Korrespondenztabelle finden Sie auf der folgenden Seite.

Hinweis: Zeitverschiebungssatz: $f(t - T) \leftrightarrow F(s)e^{-sT}$

Nr.	Zeitfunktion $f(t), t \geq 0$	Bildfunktion $F(s), (s = \sigma + j\omega)$	Anmerkung
1	$\delta(t)$	1	Dirac-Impuls
2	$\sigma(t)$	$\frac{1}{s}$	Einheitssprungfunktion
3	$r(t)=t$	$\frac{1}{s^2}$	Einheitsanstiegsfunktion
4	$p(t) = \frac{1}{2}t^2$	$\frac{1}{s^3}$	Einheitsparabelfunktion
5	$\frac{1}{k!} t^k$	$\frac{1}{s^{k+1}}$	$k > 0$, ganzzahlig
6	e^{at}	$\frac{1}{s-a}$	a konstant
7	te^{at}	$\frac{1}{(s-a)^2}$	a konstant
8	$\frac{1}{k!} t^k e^{at}$	$\frac{1}{(s-a)^{k+1}}$	a konstant
9	$\sin(bt)$	$\frac{b}{s^2 + b^2}$	$b > 0$, konstant
10	$\cos(bt)$	$\frac{s}{s^2 + b^2}$	$b > 0$, konstant
11	$e^{at} \sin(bt)$	$\frac{b}{(s-a)^2 + b^2}$	$b > 0$, konstant a konstant
12	$e^{at} \cos(bt)$	$\frac{s-a}{(s-a)^2 + b^2}$	$b > 0$, konstant a konstant

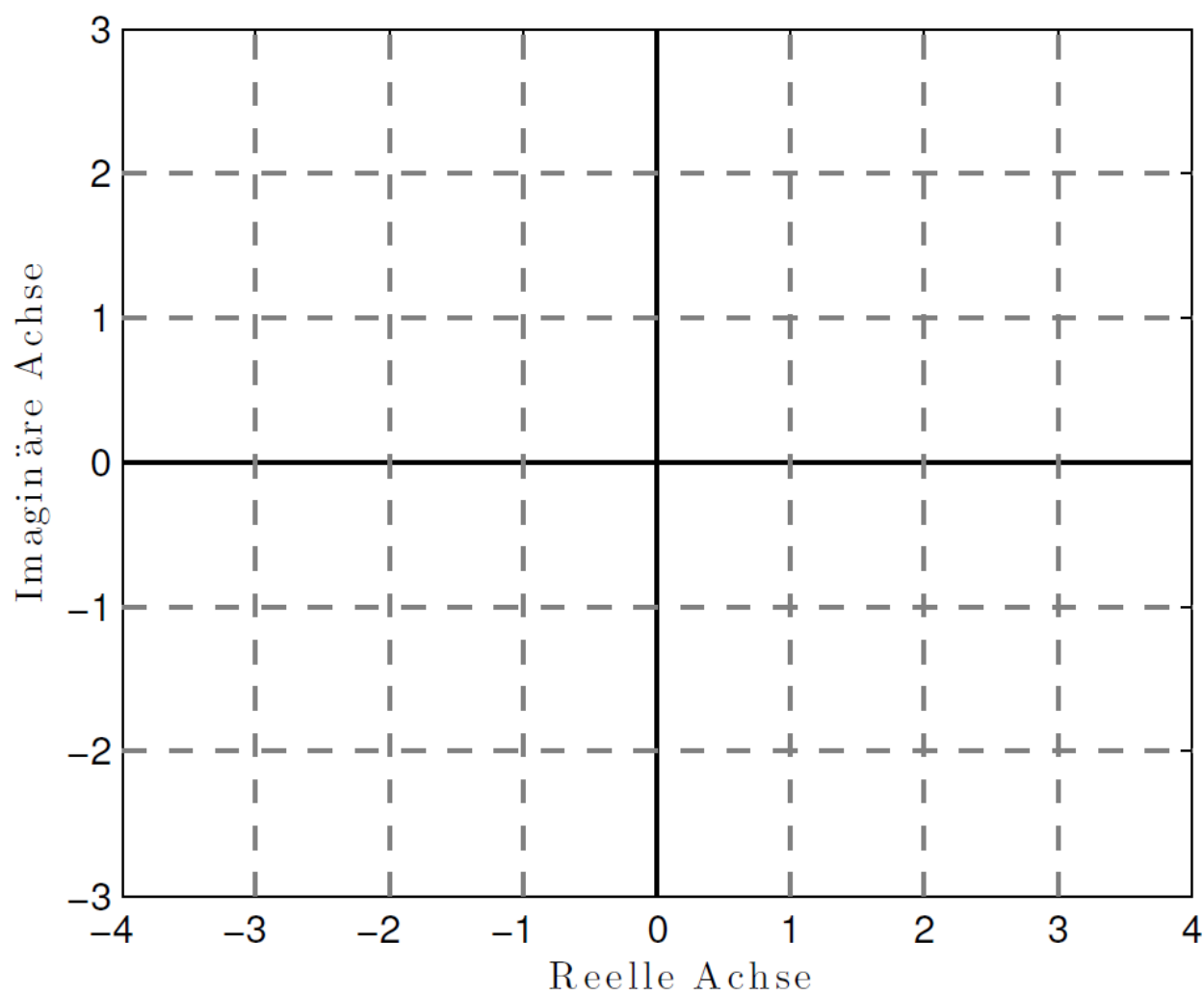
Aufgabe 3 – (18 Punkte) Wurzelortskurve

Gegeben ist ein Standard-Regelkreis. Die Regelstrecke

$$G_S(s) = \frac{s + 1}{\left(1 + s\frac{1}{3}\right)\left(1 - s\frac{1}{2}\right)}$$

soll mit einem PI-Regler $G_R(s)$ geregelt werden.

- a) (2 P) Geben Sie die Übertragungsfunktion des PI-Reglers an. Vorausgesetzt der Regelkreis ist stabil, ist stationäre Genauigkeit zu erwarten, wenn die Führungsgröße sprungförmig ist? (Kurze Begründung)
- b) (4 P) Durch die Zählerzeitkonstante des PI-Reglers soll eine Streckenzeitkonstante kompensiert werden. Wie lautet die Zählerzeitkonstante T_n des PI-Reglers (kurze Begründung)? Berechnen Sie die Übertragungsfunktion $G_O(s)$ des offenen Regelkreises.
- c) (8 P) Skizzieren Sie die zugehörige Wurzelortskurve (WOK). Tragen Sie die Lage der Pol- und Nullstellen ein und skizzieren sie jeweils qualitativ den Verlauf der WOK für positive Verstärkungen. Markieren Sie die Richtung der Äste eindeutig. Benutzen Sie dazu das **vorbereitete** Diagramm. Eine Berechnung von Verzweigungspunkten o.ä. ist nicht notwendig.
- d) (2 P) Für welche Verstärkung des Reglers ist der geschlossene Regelkreis stabil? Warum? Markieren Sie diese kritische Verstärkung $K_{R_{krit}}$ in der Wurzelortskurve, eine Berechnung ist hier **nicht** gefordert (kurze Begründung).
- e) (2 P) Für welche Werte $K_{R_{NS}}$ ist der geschlossene Regelkreis stabil und nicht schwingungsfähig? Warum? Markieren Sie diese Verstärkung $K_{R_{NS}}$ in der Wurzelortskurve, eine Berechnung ist hier **nicht** gefordert (kurze Begründung).



Aufgabe 4 – (17 Punkte) Wirkungsplan und Routh-Kriterium

Gegeben sind folgende Differentialgleichungen der Strecke:

$$\dot{x}_1(t) = x_2(t)$$

$$\dot{x}_2(t) = x_2(t) + y(t)$$

sowie

$$x(t) = x_1(t)$$

Dabei ist $y(t)$ die Stellgröße und $x(t)$ die Regelgröße.

Die Regelstrecke soll mit einem PD-Regler geregelt werden:

$$G_R(s) = K_R(1 + s T_V)$$

- (2 P) Zeichnen Sie zunächst den Wirkungsplan der Regelstrecke.
- (5 P) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion $G_S(s)$ der Regelstrecke. Wie nennt man dieses Übertragungsglied?
- (10 P) Bestimmen Sie mit Hilfe des Routh-Kriteriums den Bereich einer stabilen Reglereinstellung und skizzieren Sie diesen Bereich im K_R - T_V -Diagramm (T_V soll **nicht** zur Kompensation der größten Streckenzeitkonstanten genutzt werden).

