


Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften Fakultät Fahrzeugtechnik Prof. Dr.-Ing. B. Lichte Institut für Fahrzeugsystem- und Servicetechnologien		Modulprüfung	Name:.....
		Regelungstechnik	Vorname.....
		BPO 2011	Matr.Nr.:.....
		WS 2018/2019 10.01.2019	Unterschrift.....

Zugelassene Hilfsmittel: Kurzfragen: Keine
Aufgaben: Eigene Formelsammlung DIN A4 doppelseitig
Taschenrechner der Serie CASIO FX-991

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

Punkte:

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

Bearbeitungshinweise:

- **Beschriften** Sie die Deckblätter mit **Namen, Matrikel-Nr.** und **Unterschrift**.
- Verwenden Sie nur das **ausgeteilte Papier** für Ihre Rechnungen und Nebenrechnungen. Zusätzliches Papier erhalten Sie von den Aufsichtsführenden. Markieren Sie **deutlich** auf dem Klausurbogen, wenn die Lösung auf einem Zusatzzettel weitergeführt wurde.
Sie sind dafür verantwortlich, dass Zusatzzettel beim Einsammeln an den Klausurbogen angeheftet werden, um einen Verlust zu verhindern.
- 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 2018/2019 10.01.2019	Matr.Nr.:.....

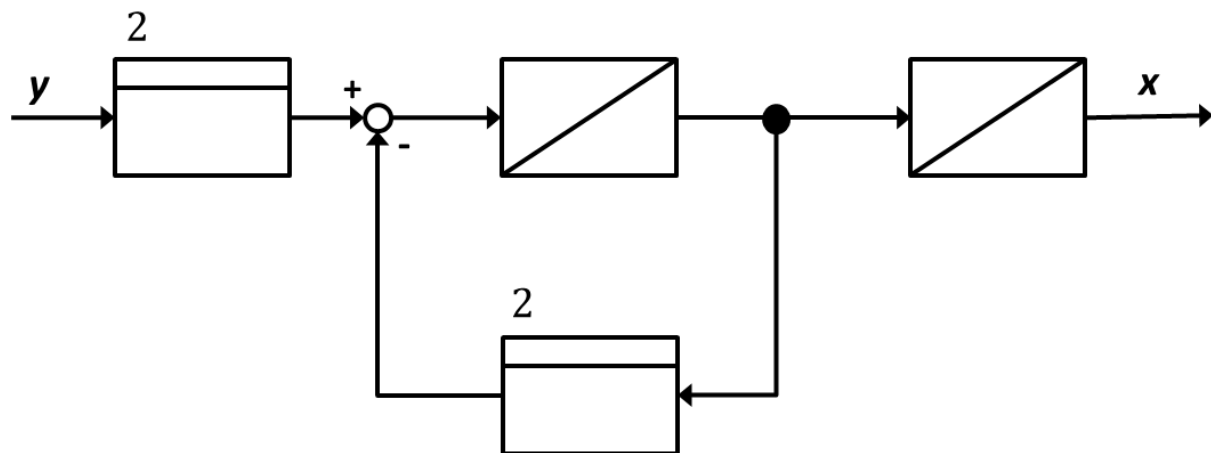
Kurzfrage 1 – (7 Punkte) Regelkreis

Gegeben ist der nachstehende Wirkungsplan.

Beschriften sie zunächst die Eingänge und Ausgänge der Integratoren und leiten Sie die Differentialgleichung(en) aus dem Wirkungsplan her.

Bestimmen Sie anschließend die Übertragungsfunktion $G_S(s) = \frac{X(s)}{Y(s)}$ (Anfangswerte sind alle gleich Null).

Was lässt sich dann über die Stabilität der Regelstrecke sagen? (Kurze Begründung)



Kurzfrage 2 – (10 Punkte) Dynamische Systeme

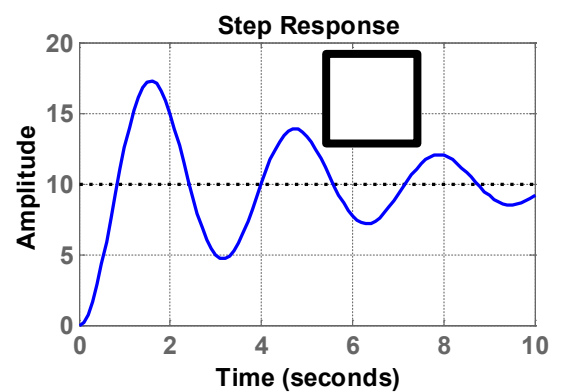
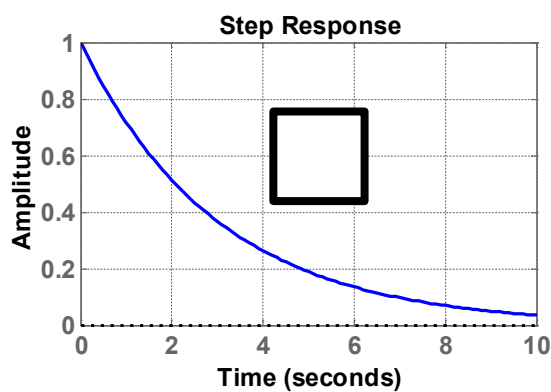
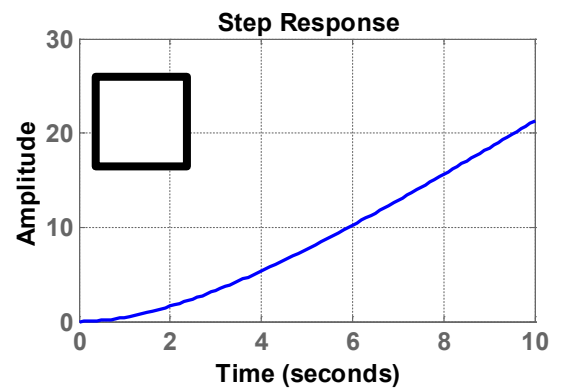
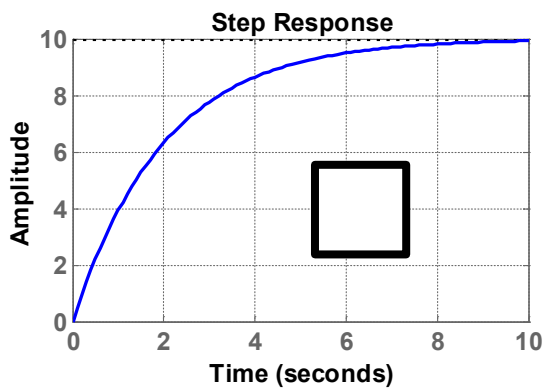
Geben Sie die korrekte **Bezeichnung** der nachfolgenden Übertragungsglieder an und ordnen Sie diese Übertragungsglieder den entsprechenden **Sprungfunktionen** und **Bode-Diagrammen** zu.

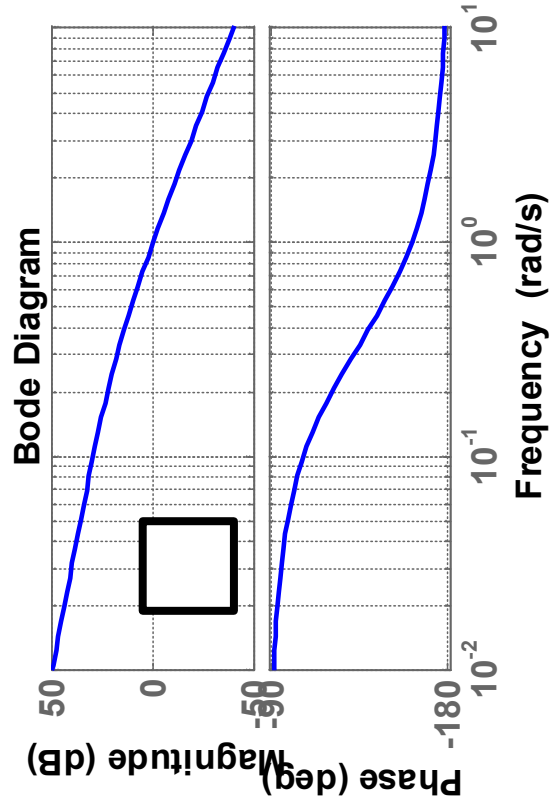
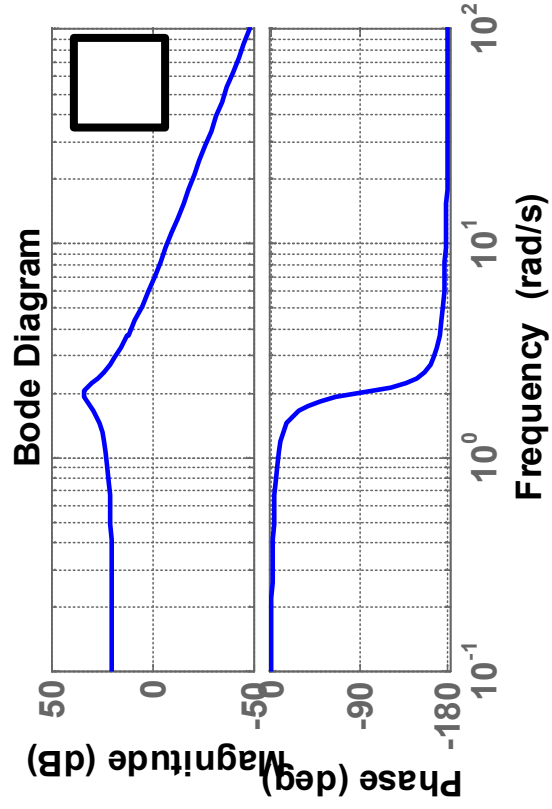
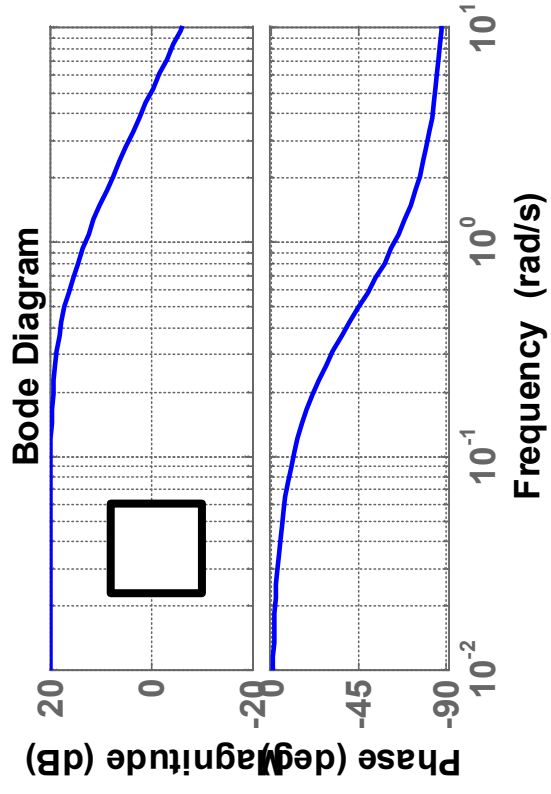
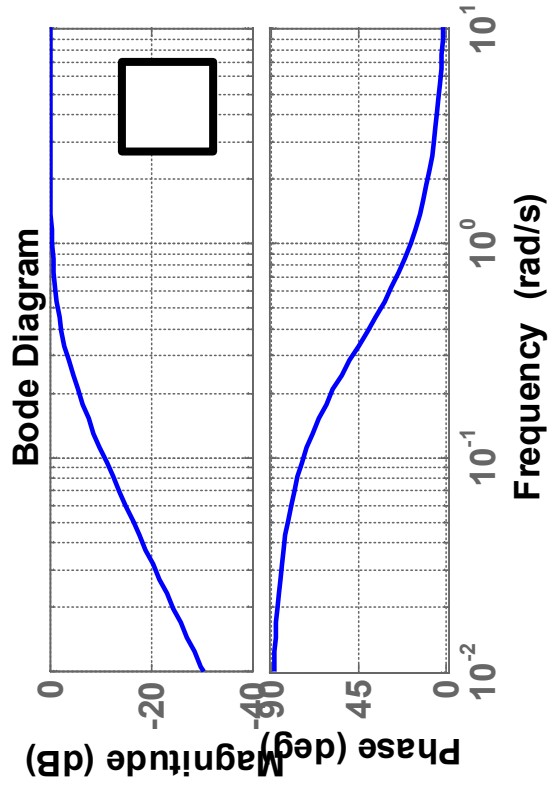
(1) $G_1(s) = \frac{3s}{1+3s}$

(2) $G_2(s) = \frac{10}{0.25s^2+0.1s+1}$

(3) $G_3(s) = \frac{3}{s(1+3s)}$

(4) $G_4(s) = \frac{10}{1+2s}$





Kurzfrage 3 – (16 Punkte) Verständnisfragen

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

Aussage	richtig	falsch
Ein geschlossener Standard-Regelkreis $G_W(s) = \frac{G_O(s)}{1+G_O(s)}$ ist stabil, wenn		
1. die Phasenreserve von $G_O(s)$ positiv ist.		
2. die Phasenreserve von $G_W(s)$ positiv ist.		
3. die Amplitudenreserve von $G_O(s)$ kleiner als 1 ist.		
4. die Realteile aller Nullstellen des Polynoms $1 + G_O(s)$ negativ sind.		
Welche Aussagen gelten für das Faltungsintegral $y(t) = \int_0^t g(t - \tau)e(\tau)d\tau$?		
5. Es ist nötig, um ein Signal vom Zeit- in den Laplace-Bereich zu transformieren		
6. Es kann verwendet werden, um mit Hilfe der Impulsantwort $g(t)$ eines Systems die Antwort des Systems auf beliebige Eingangssignale $e(t)$ zu berechnen.		
7. Die Entsprechung im Laplace-Bereich lautet: $Y(s) = G(s) \cdot E(s)$.		
Warum werden im Bode-Diagramm logarithmische Darstellungen verwendet?		
8. Weil die Addition mehrerer Übertragungsglieder einer einfachen Addition der Amplitudengänge entspricht.		
9. Weil dann der Phasengang von Totzeitgliedern sehr gut mit linearen Asymptoten angenähert werden kann.		
10. Weil dann die Multiplikation mehrerer Übertragungsglieder einer einfachen Addition der Amplitudengänge entspricht.		
Welche Bezeichnungen sind in der Regelungstechnik üblich?		
11. Mit $w(t)$ wird im Standard-Regelkreis die Führungsgröße bezeichnet.		
12. Mit $e(t)$ wird im Standard-Regelkreis die Störgröße bezeichnet.		
13. Mit $y(t)$ wird im Standard-Regelkreis die Stellgröße bezeichnet.		
Die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{3}{\frac{1}{4}s^2 + \frac{1}{4}s + 1}$		
14. hat eine Sprungantwort mit dem stationären Endwert 12.		
15. hat eine Eigenkreisfrequenz von $\omega_0 = 4$.		
16. ist schwingungsfähig.		

Fakultät Fahrzeugtechnik Prof. Dr.-Ing. B. Lichte Institut für Fahrzeugsystem- und Servicetechnologien	Modulprüfung Regelungstechnik Aufgabenteil WS 2018/2019 10.01.2019	Name:.....
Hilfsmittel: Eigene Formelsammlung DIN A4 doppelseitig Taschenrechner der Serie CASIO		Vorname.....
FX-991 Zeit: 60 Min.		Matr.Nr.:.....

Aufgabe 1 – (14 Punkte) Reglerentwurf

Es liegt ein Standard-Regelkreis vor. Gegeben ist die Übertragungsfunktion der Regelstrecke:

$$G_S(s) = \frac{100}{(1 + s \, 5)(s^2 + 6 \, s + 5)} \quad .$$

Als Regler wird ein PI-Regler eingesetzt:

$$G_R(s) = K_R \frac{1 + sT_n}{sT_n} \quad .$$

- (5 P) Der Regler soll als Kompensationsregler ausgelegt werden, d.h. die Zählerzeitkonstante des Reglers soll die größte Streckenzeitkonstante kompensieren.
Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises $G_O(s)$.
- (7 P) Berechnen Sie den Betrag $|G_O(j\omega)|$, den Amplitudengang $|G_O(j\omega)|_{dB}$ und den Phasengang $\varphi_O(\omega)$. Geben Sie auch die Knickfrequenzen an.
- (2 P) Ist der geschlossene Regelkreis bezüglich eines Sprungs der Führungsgröße stationär genau (kurze Begründung)? Wie verhält es sich mit der stationären Genauigkeit, wenn die Führungsgröße eine Rampe ist (kurze Begründung)?

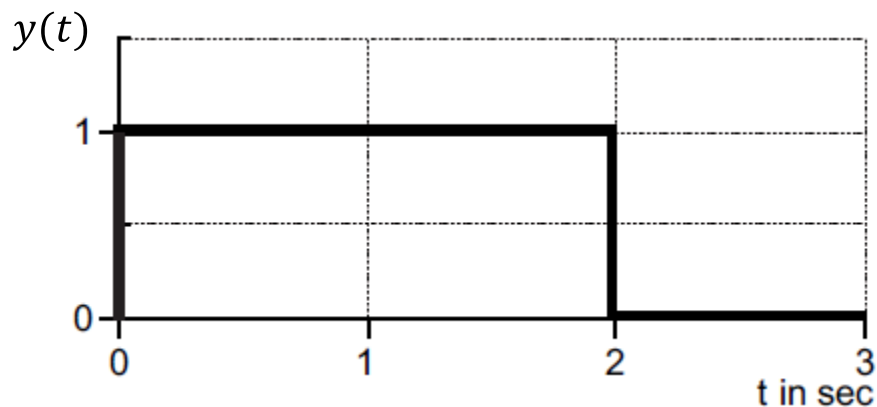
Aufgabe 2 – (17 Punkte) Laplace-Transformation

Gegeben ist die Übertragungsfunktion $G(s)$ eines dynamischen Systems:

$$G(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1} \quad .$$

- a) (4 P) Wo liegen die Polstellen des dynamischen Systems? Wie nennt man dieses System allgemein und wie bezeichnet man diesen Sonderfall? Nennen Sie eine technische Realisierung dieses Systems.
- b) (8 P) Berechnen Sie die bezogene Sprungantwort $h(t)$ des Systems durch Rücktransformation von $H(s)$ mittels Partialbruchzerlegung und Verwendung der Korrespondenztabelle.
- c) (5 P) Das System wird nun am Eingang mit dem unten abgebildeten Signal angeregt. Bestimmen Sie das Eingangssignal $Y(s)$ aus dem abgebildeten Zeitverlauf $y(t)$ und beschreiben Sie **kurz und stichwortartig**, wie Sie die Systemantwort im Zeitbereich berechnen können, ohne eine erneute Partialbruchzerlegung durchzuführen. **Es ist keine Berechnung der Systemantwort notwendig!**

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 – (17 Punkte) Wurzelortskurve

Gegeben ist ein Standard-Regelkreis. Die Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises ist gegeben:

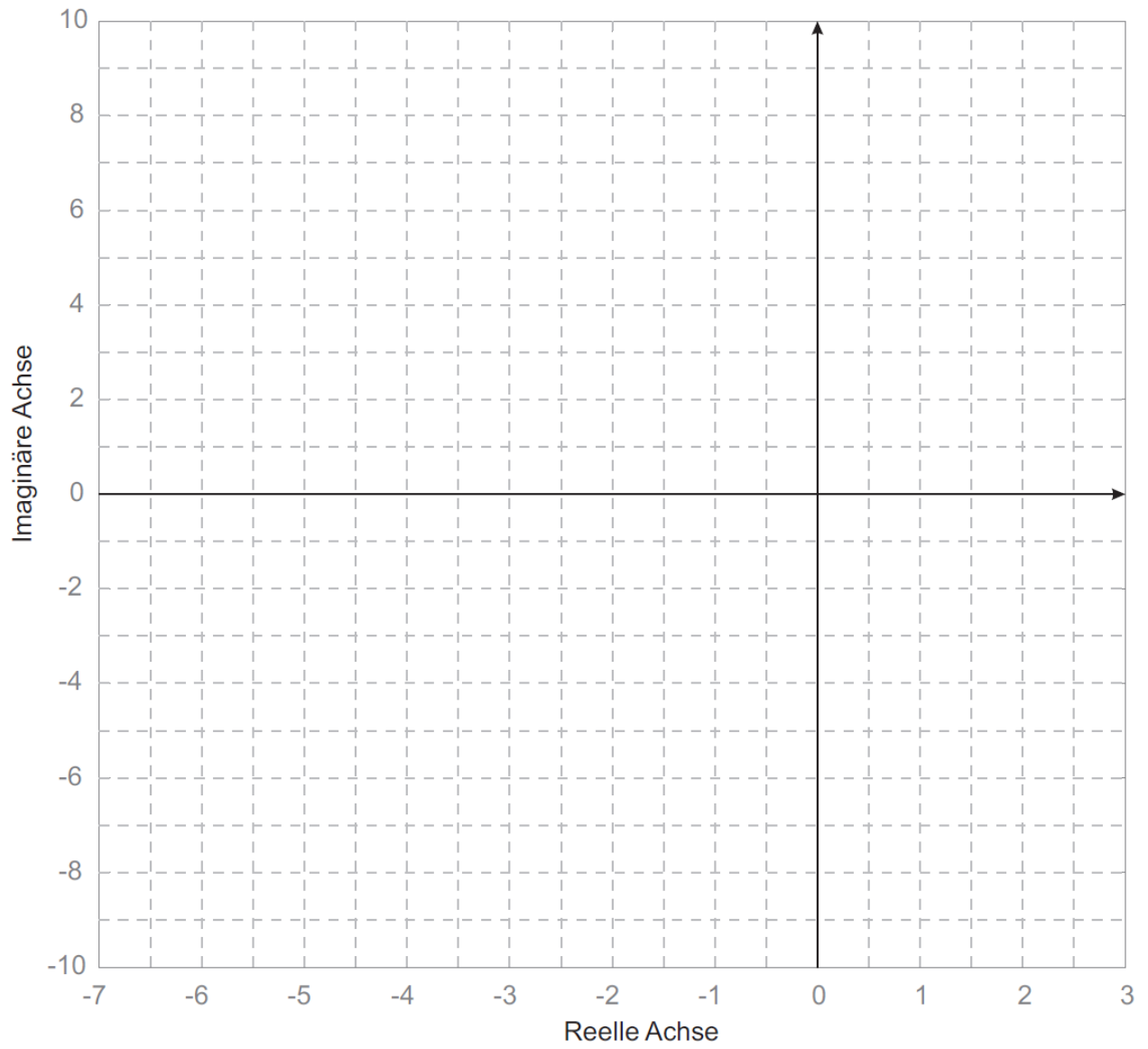
$$G_O(s) = K_R \frac{s}{\left(1 + s \frac{1}{6}\right) \left(1 + s \frac{1}{3}\right)^2}$$

- a) (14 P) Geben Sie zunächst die Null- und die Polstellen des offenen Regelkreises an. Ist der offene Regelkreis stabil (kurze Begründung)?

Skizzieren Sie die WOK. Tragen Sie die Lage der Pol- und Nullstellen ein und skizzieren sie qualitativ den Verlauf der WOK für positive Verstärkungen K_R . Markieren Sie die Richtung der Äste eindeutig. Benutzen Sie das **vorbereitete** Diagramm. Eine Berechnung von Verzweigungspunkten ist nicht notwendig.

- b) (3 P) Kann der geschlossene Regelkreis durch die Wahl einer Verstärkung $K_R > 0$ instabil werden (kurze Begründung)? In welchen Bereichen der Wurzelortskurve kann der geschlossene Regelkreis schwingen. Wie verhält sich die Dämpfung der Schwingung mit zunehmenden K_R ?

Wurzelortskurve



Aufgabe 4 – (18 Punkte) Stabilität, Wirkungsplan

Gegeben ist ein Standardregelkreis.

Die Regelstrecke wird durch folgende Differentialgleichung beschrieben:

$$2\ddot{x}(t) + 4\dot{x}(t) + x(t) = 2y(t).$$

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

- a) (8 P) Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion der Regelstrecke und zeichnen Sie den Wirkungsplan der Regelstrecke.
- b) (4 P) Die Regelstrecke soll mit einem PI-Regler mit der Übertragungsfunktion

$$G_R(s) = K_P + K_I \frac{1}{s}$$

geregelt werden. Berechnen Sie die Übertragungsfunktion des offenen Kreises $G_O(s)$ und die Führungsübertragungsfunktion $G_W(s)$.

Hinweis: Wenn Sie Aufgabenteil a) nicht lösen konnten, verwenden Sie $G_S(s) = \frac{2}{4s^2 + 8s + 1}$ (das ist **nicht** die Lösung von a)).

- c) (6 P) Bestimmen Sie mit dem Routh-Kriterium die Stabilitätsbedingungen für die beiden Regler-Parameter K_P und T_I (K_P und T_I sind positiv).

Zeichnen Sie das sich ergebende Stabilitätsgebiet in das folgende Diagramm ein.

