


<b>Ostfalia</b> Hochschule für angewandte Wissenschaften   Fakultät Fahrzeugtechnik Prof. Dr.-Ing. B. Lichte Institut für Fahrzeugsystem- und Servicetechnologien	Modulprüfung Regelungstechnik BPO 2011   WS 2020/2021 02.03.2021	Name:.....
		Vorname:.....
		Matr.Nr.:.....
		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

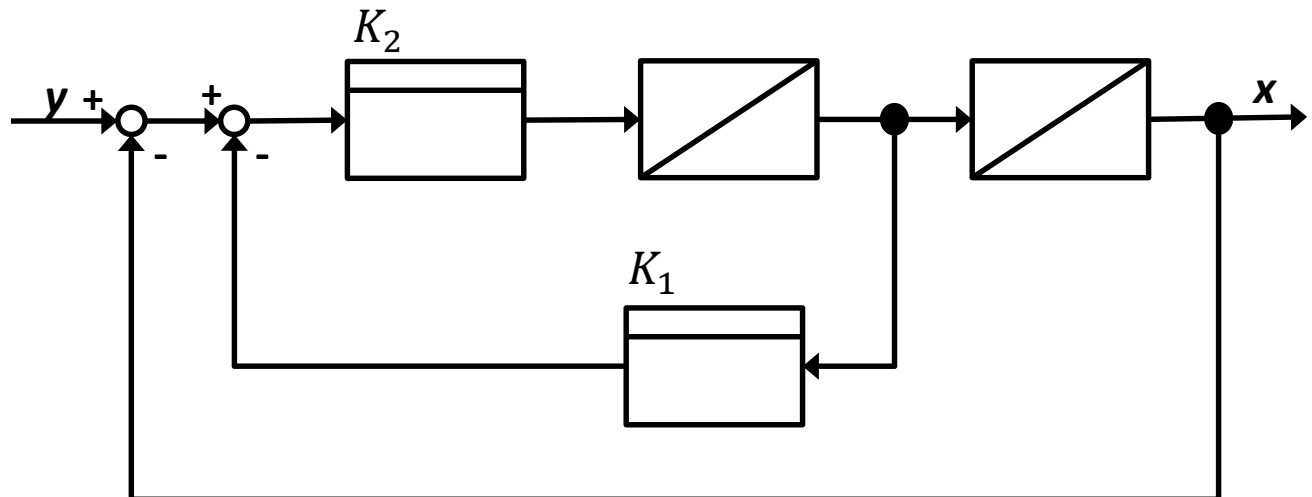
**Bearbeitungshinweise:**

- **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	<b>Modulprüfung Regelungstechnik</b>  <b>Kurzfragenteil</b>  WS 2020/2021 02.03.2021	Name:.....
Hilfsmittel: Keine Zeit: 30 Min.		Vorname.....
		Matr.Nr.:.....

### Kurzfrage 1 – (11 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?



## Kurzfrage 2 – (6 Punkte)

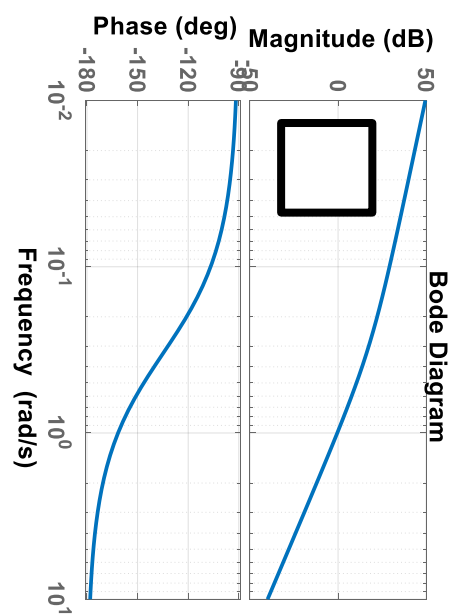
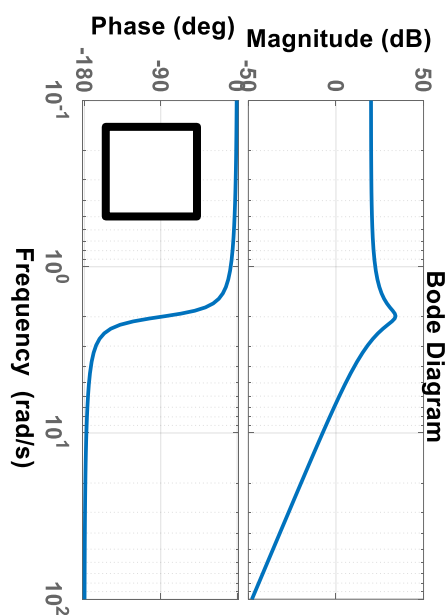
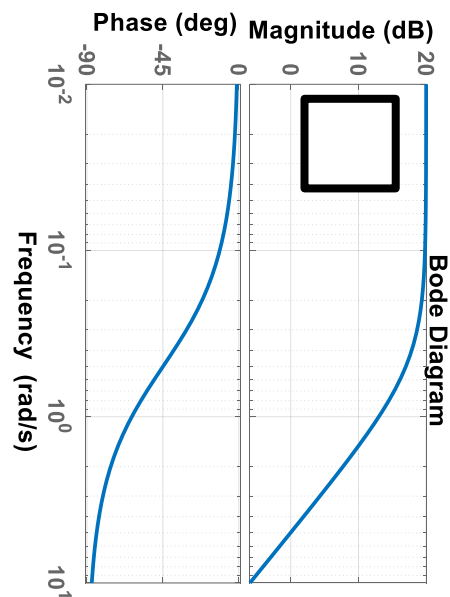
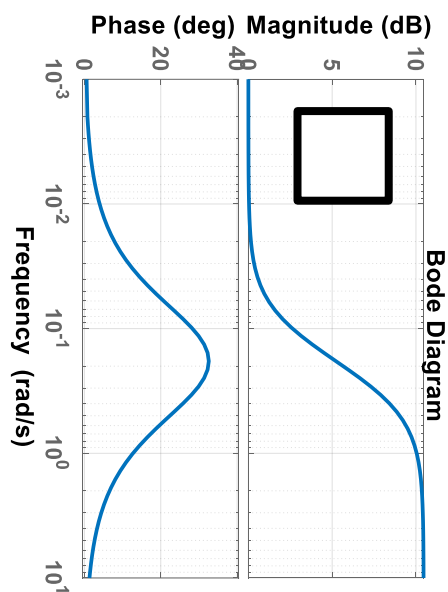
Geben Sie die korrekte **Bezeichnung** der nachfolgenden Übertragungsglieder an und ordnen Sie diese Übertragungsglieder den entsprechenden **Bode-Diagrammen** zu.

(1)  $G_1(s) = \frac{2+3s}{1+3s}$

(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
<b>Wenn ein LZI-System durch Sinusschwingungen unterschiedlicher Frequenzen angeregt wird, gilt:</b>		
1. Die Frequenz am Eingang und am Ausgang kann unterschiedlich sein.		
2. Die Amplitude am Eingang und am Ausgang kann unterschiedlich sein.		
3. Das Verhältnis von der Ausgangs- zur Eingangsamplitude ist ausschließlich von der Frequenz abhängig.		
<b>Bei welcher oder welchen der gegebenen Übertragungsfunktionen darf der Endwertsatz der Laplace-Transformation zur Berechnung des stationären Verhaltens angewendet werden?</b>		
4. $G(s) = \frac{2}{s^2 + 2s + 5}$		
5. $G(s) = \frac{2}{s^2 - 2s + 5}$		
6. $G(s) = \frac{2}{s+4} e^{-5s}$		
<b>Wie reagiert ein stabiler Regelkreis?</b>		
7. Ein Regelkreis wird mit Hilfe einer Impulsfunktion angeregt ( $w(t) = \delta(t)$ ). Nach einer Zeit klingt die Regelgröße $x(t)$ auf Null ab.		
8. Ein Regelkreis wird durch eine beschränkte Führungsgröße angeregt. Dann klingt die Regelgröße nach einer Zeit auf Null ab.		
9. Ein Regelkreis wird durch eine beschränkte Führungsgröße angeregt. Dann bleibt die Regelgröße ebenfalls beschränkt.		
<b>Für ein Verzögerungsglied 2. Ordnung (P-T<sub>2</sub>-Glied) mit dem Dämpfungsgrad <math>\vartheta</math> gilt:</b>		
10. Für $\vartheta > 1$ besitzt das System zwei verschiedene reelle Pole.		
11. Für $\vartheta = 1$ entspricht das System der Reihenschaltung zweier P-T <sub>1</sub> -Glieder.		
12. Für $\vartheta < 1$ ist das System nicht schwingungsfähig.		
<b>Was bedeutet Rückkopplung?</b>		
13. Aufschalten einer messbaren Störgröße auf die Stellgröße.		
14. Rückwirkung der Regelgröße auf die Stellgröße.		
15. Entscheidend für die Rückkopplung ist die Vorzeichenumkehr im Vergleichsglied.		
16. Rückkopplung ist Grundvoraussetzung jeder Regelung.		

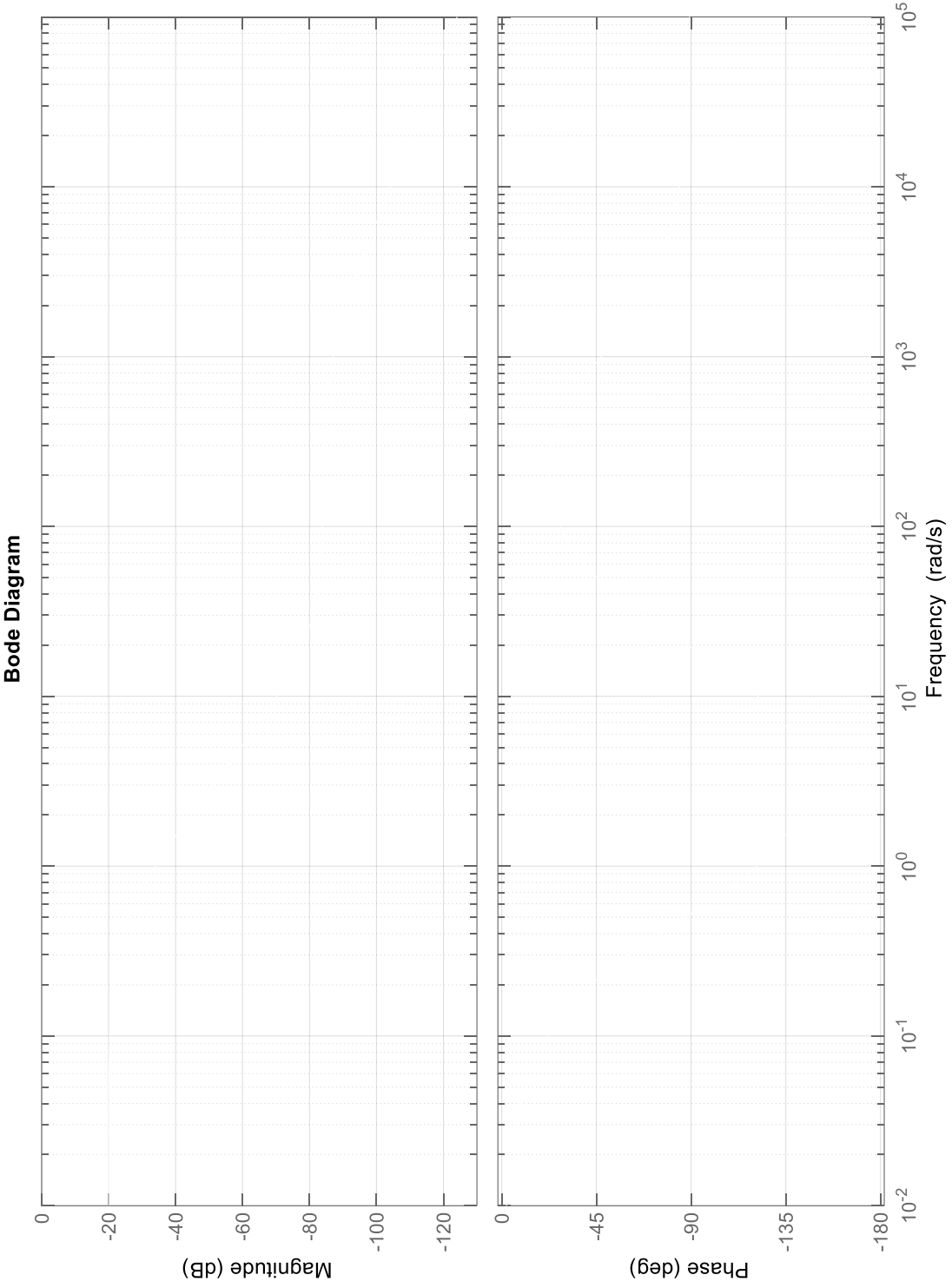
<b>Fakultät Fahrzeugtechnik</b> <b>Prof. Dr.-Ing. B. Lichte</b> <b>Institut für Fahrzeugsystem-</b> <b>und Servicetechnologien</b>	<b>Modulprüfung</b> <b>Regelungstechnik</b>  <b>Aufgabenteil</b>  WS 2020/2021 02.03.2021	Name:.....  Vorname.....  Matr.Nr.:.....
Hilfsmittel: Eigene Formelsammlung DIN A4 doppelseitig Taschenrechner der Serie CASIO FX-991 Zeit:           60 Min.		

### 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 – (14 Punkte) Laplace-Transformation, Stabilität

Die **Regelstrecke** mit dem Eingang  $y(t)$  und dem Ausgang  $x(t)$  wird durch folgende Differentialgleichung beschrieben:

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

- a) (5 P) Geben Sie die Übertragungsfunktion der Regelstrecke  $G_S(s) = \frac{X(s)}{Y(s)}$  im Bildbereich an (alle Anfangsbedingungen = 0). Geben Sie auch die Nullstellen und die Pole an. Ist die Regelstrecke stabil? (Kurze Begründung) Wie nennt man diese Regelstrecke?
- b) (9 P) Für den zeitlichen Verlauf der Eingangsgröße  $y(t)$  gilt:

$$y(t) = \sin(t) \sigma(t) \quad .$$

Gesucht ist die Zeitfunktion  $x(t)$ , wobei alle Anfangswerte Null sind. Verwenden Sie die Partialbruchzerlegung.

Tabelle 2.1: Korrespondenztabelle der Laplace-Transformation

Nr.	Bildfunktion $F(s)$	Zeitfunktion $f(t), t \geq 0$ ( $f(t) = 0, t < 0$ )	Anmerkung
1	1	$\delta(t) = \begin{cases} \infty & \text{für } t = 0 \\ 0 & \text{für } t \neq 0 \end{cases}$	Dirac-Impuls
2	$\frac{1}{s}$	$\sigma(t)$	Einheitssprungfunktion
3	$\frac{1}{s^2}$	$r(t) = t$	Einheitsanstiegsfunktion
4	$\frac{1}{s^n}$	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!}$	$n > 0$ , ganzzahlig
5	$\frac{1}{s+a}$	$e^{-at}$	$a$ konstant
6	$\frac{1}{(s+a)^n}$	$\frac{t^{n-1}}{(n-1)!} e^{-at}$	$a$ und $n$ wie zuvor
7	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$	$\cos(\omega t)$	$\omega > 0$ konstant
8	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$	$\sin(\omega t)$	$\omega > 0$ konstant
9	$\frac{1}{s^2 + 2as + b^2}$	$\frac{1}{2w} (e^{s_1 t} - e^{s_2 t})$ $\frac{1}{\omega} e^{-at} \sin(\omega t)$	$D = \frac{a}{b} > 1$ $D < 1$
10	$\frac{s}{s^2 + 2as + b^2}$	$\frac{1}{2w} (s_1 e^{s_1 t} - s_2 e^{s_2 t})$ $e^{-at} \left( \cos(\omega t) - \frac{a}{\omega} \sin(\omega t) \right)$	$D = \frac{a}{b} > 1$ $D < 1$

In den Beziehungen 9 und 10 ist:  $w = \sqrt{a^2 - b^2}$ ;  $\omega = \sqrt{b^2 - a^2}$ ;  $s_{1,2} = -a \pm w$





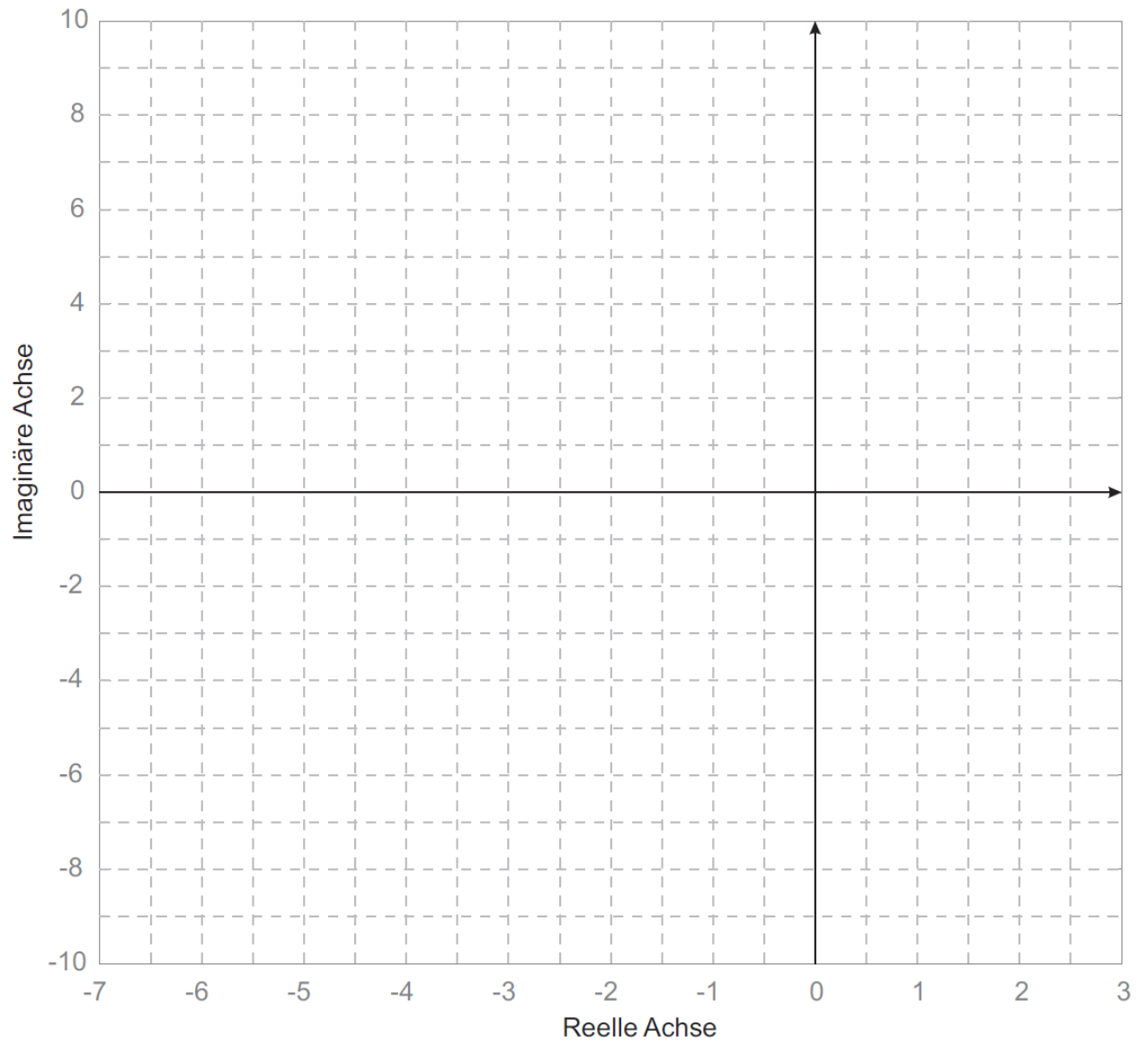
### Aufgabe 3 – (18 Punkte) Wurzelortskurve

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

$$G_O(s) = K_R \frac{(s - 1)(s - 3)}{(s + 1)(s + 3)(s + 5)} \quad .$$

- a) (12 P) Geben Sie zunächst die Null- und die Polstellen des offenen Regelkreises an.  
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 Reglerverstärkung  $K_R > 0$  schwingungsfähig werden? (Kurze Begründung)  
Markieren Sie gegebenenfalls den Bereich  $(K_{S1}, K_{S2})$ , in dem der geschlossene Regelkreis schwingungsfähig ist.
- c) (3 P) Kann der geschlossene Regelkreis durch die Wahl einer Reglerverstärkung  $K_R > 0$  instabil werden? (Kurze Begründung)  
Markieren Sie gegebenenfalls diese kritische Verstärkung  $K_{krit}$  in der Wurzelortskurve.

Wurzelortskurve



#### Aufgabe 4 – (14 Punkte) Stabilität, Routh-Kriterium, stationäre Genauigkeit

Gegeben ist ein Standardregelkreis mit:

$$G_R(s) = K_P + K_D s \quad \text{und} \quad G_S(s) = \frac{1}{s(s+5)(s-2)}.$$

- a) (4 P) Berechnen Sie die Übertragungsfunktion des offenen Kreises  $G_O(s)$  und die Führungsübertragungsfunktion  $G_W(s)$ .
- b) (2 P) Ist der geschlossene Regelkreis stationär genau auf sprungförmige Führungsgrößen? Kurze Begründung.
- c) (8 P) Bestimmen Sie mit dem Routh-Kriterium die Stabilitätsgrenzen.

