

<b>Ostfalia</b> Hochschule für angewandte Wissenschaften   Fakultät Fahrzeugtechnik Prof. Dr.-Ing. B. Lichte Institut für Fahrzeugsystem- und Servicetechnologien	Modulprüfung Regelungstechnik BPO 2011  SS 2020 30.06.2020	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>  SS 2020 30.06.2020	Name:.....
Hilfsmittel: Keine Zeit: 30 Min.		Vorname.....
		Matr.Nr.:.....

### Kurzfrage 1 – (11 Punkte) Wirkungsplan

Gegeben ist die folgende Übertragungsfunktion einer Regelstrecke:

$$G(s) = \frac{X(s)}{Y(s)} = \frac{K_S}{T_I s (1 + T_1 s)} .$$

(3 P) Wie nennt man dieses Übertragungsglied? Geben Sie die zugehörige lineare Differentialgleichung an.

(8 P) Zeichnen Sie aus den elementaren Übertragungsgliedern (P-,I-,D- und T<sub>t</sub>-Glied) einen zugehörigen Wirkungsplan. Geben Sie die benötigten Gleichungen an.



## Kurzfrage 2 – (6 Punkte)

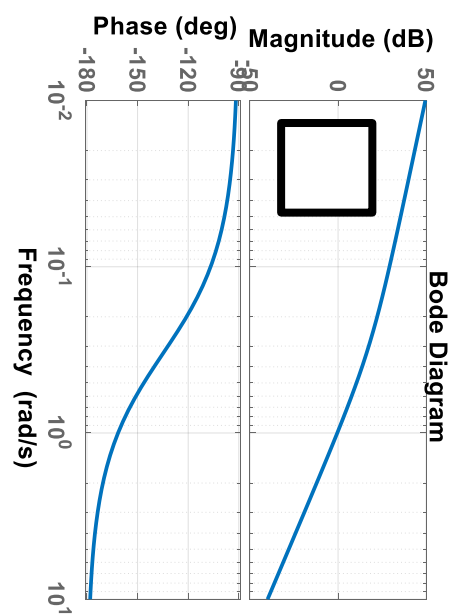
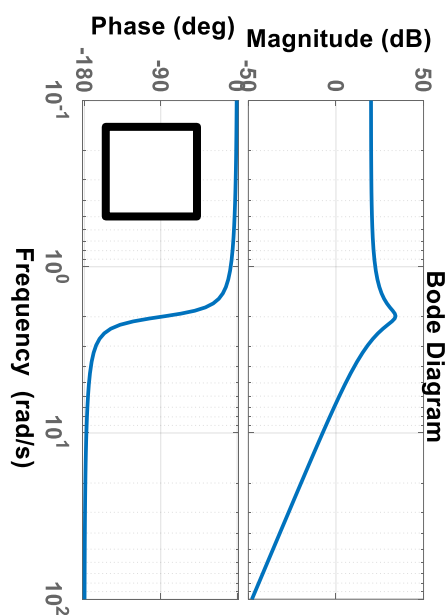
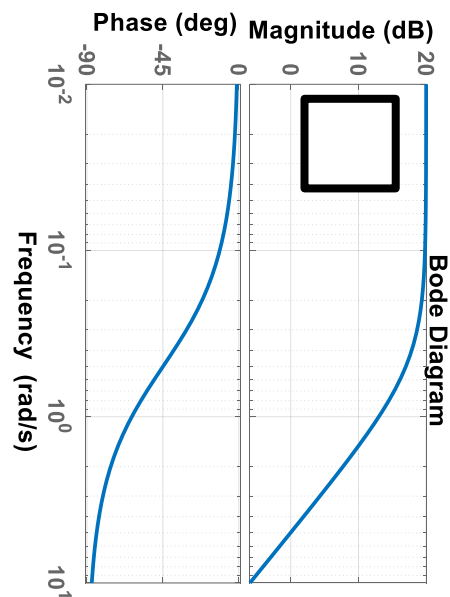
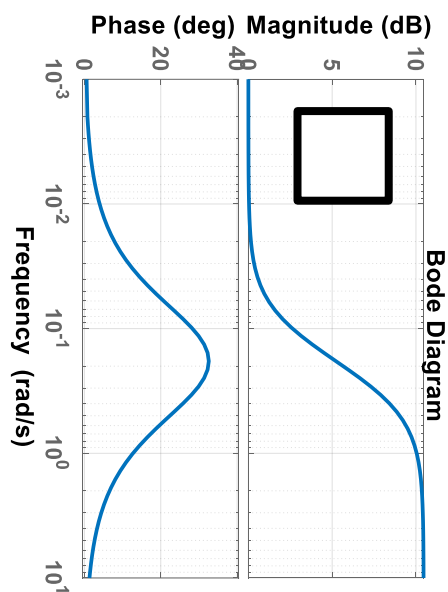
Geben Sie die korrekte **Bezeichnung** der nachfolgenden Übertragungsglieder an und ordnen Sie diese Übertragungsglieder den entsprechenden **Bode-Diagrammen** zu.

(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>Wie reagiert ein stabiler Regelkreis?</b>		
1. Ein Regelkreis wird mit Hilfe einer Impulsfunktion angeregt ( $w(t) = \delta(t)$ ). Nach einer Zeit klingt die Regelgröße $x(t)$ auf Null ab.		
2. Ein Regelkreis wird durch eine beschränkte Führungsgröße angeregt. Dann klingt die Regelgröße nach einer Zeit auf Null ab.		
3. Ein Regelkreis wird durch eine beschränkte Führungsgröße angeregt. Dann bleibt die Regelgröße ebenfalls beschränkt.		
<b>Wenn ein LZI-System durch Sinusschwingungen unterschiedlicher Frequenzen angeregt wird, gilt:</b>		
4. Die Frequenz am Eingang und am Ausgang kann unterschiedlich sein.		
5. Die Amplitude am Eingang und am Ausgang kann unterschiedlich sein.		
6. Das Verhältnis von der Ausgangs- zur Eingangsamplitude ist ausschließlich von der Frequenz abhängig.		
<b>Welches Hilfsmittel ist geeignet, um die Stabilität eines Standardregelkreises mit Totzeit zu prüfen?</b>		
7. Das Routh-Kriterium.		
8. Die Phasenreserve.		
9. Das vereinfachte Nyquist-Kriterium.		
<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>	Name:.....
Hilfsmittel: Eigene Formelsammlung DIN A4 doppelseitig Taschenrechner der Serie CASIO FX-991 Zeit:           60 Min.	<b>Aufgabenteil</b>  SS 2020 30.06.2020	Vorname.....
		Matr.Nr.:.....

### Aufgabe 1 – (19 Punkte) Reglerentwurf

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

$$G_S(s) = \frac{5}{(1+s)\left(s^2 + \frac{11}{2}s + \frac{5}{2}\right)} .$$

Als Regler wird ein PI-Regler eingesetzt:

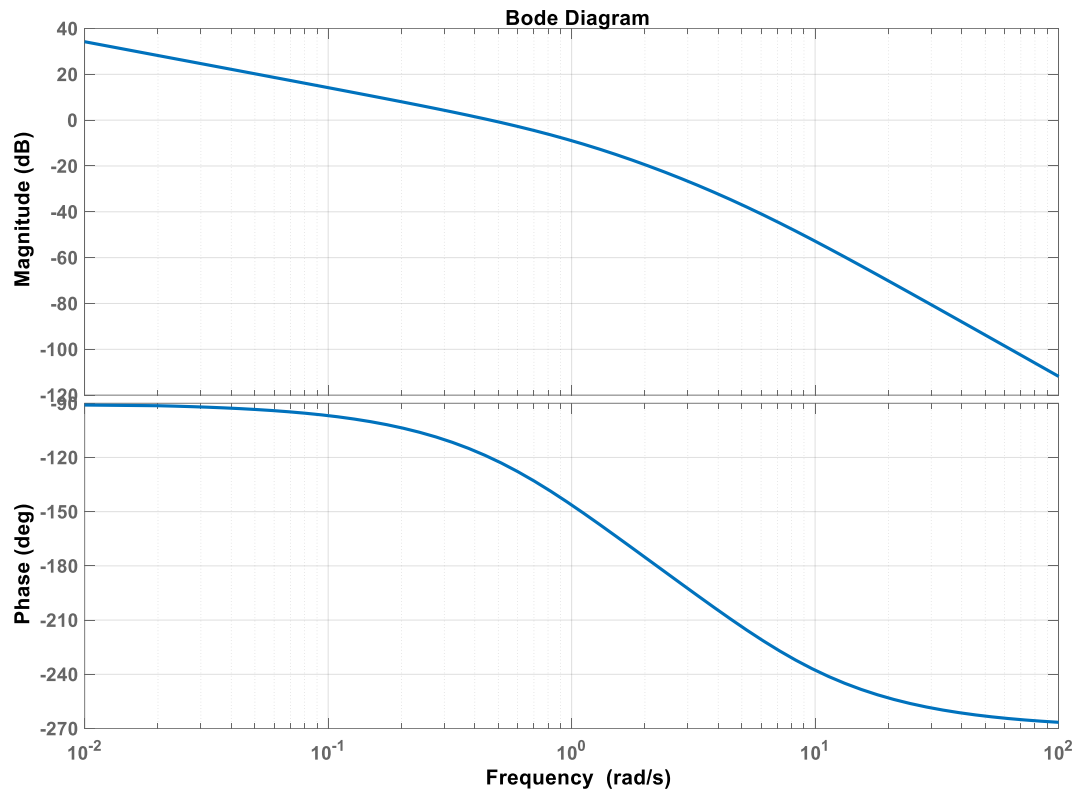
$$G_R(s) = K_R \frac{1 + sT_n}{sT_n} .$$

- a) (8 P) Der Regler soll als Kompensationsregler ausgelegt werden. Was wird genau kompensiert? Warum wird dies kompensiert? Bestimmen Sie  $T_n$ .

Bestimmen Sie die sich ergebende Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises  $G_O(s)$ . Wie nennt man diese Übertragungsfunktion?

Ist der geschlossene Regelkreis bezüglich sprungförmiger Führungsgrößen stationär genau? (Kurze Begründung ist ausreichend)

- b) (6 P) Gegeben ist das unten abgebildete Bode-Diagramm für  $K_R = 1$ . Zeichnen Sie die Phasenreserve und die Amplitudenreserve in das Bode-Diagramm ein und ermitteln Sie dazu gehörenden Werte. Ist der Regelkreis stabil? Welches Überschwingen besitzt der geschlossene Regelkreis?
- c) (5 P) Der Regelkreis ist zu langsam. Die Anwendung erlaubt ein Überschwingen von  $40^\circ$ . Wie groß ist dann die Phasenreserve? Wie groß ist die Reglerverstärkung in diesem Fall?







## 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:  $w = \sqrt{a^2 - b^2}$ ;  $\omega = \sqrt{b^2 - a^2}$ ;  $s_{1,2} = -a \pm w$



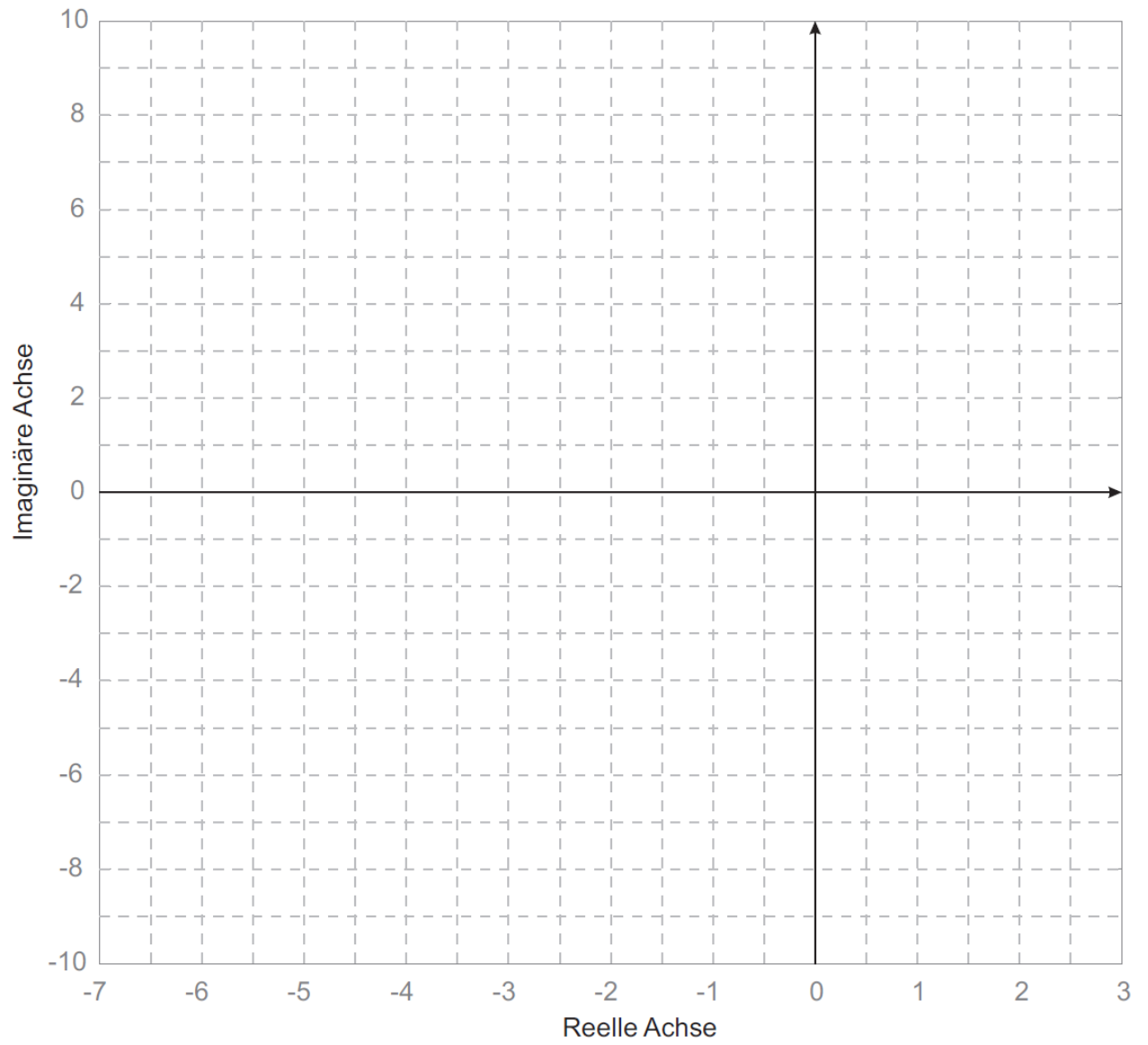
### Aufgabe 3 – (18 Punkte) Wurzelortskurve

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 – (12 Punkte) Stabilität, Routh-Kriterium, stationäre Genauigkeit

Gegeben ist ein Standardregelkreis mit:

$$G_R(s) = K_R \quad \text{und} \quad G_S(s) = \frac{1}{(s-1)(s+3)^2} \quad .$$

- a) (1 P) Ist die Regelstrecke stabil? (Kurze Begründung)
- b) (3 P) Berechnen Sie die Übertragungsfunktion des offenen Kreises  $G_O(s)$  und die Führungsübertragungsfunktion  $G_W(s)$ .
- c) (7 P) Bestimmen Sie mit dem Routh-Kriterium die Stabilitätsgrenzen, d.h. geben Sie die dazu notwendigen Bedingungen bezüglich  $K_R$  an.
- d) (1 P) Ist der Regelkreis auf sprungförmige Führungsgrößen stationär genau? (Kurze Begründung) Wen ....

