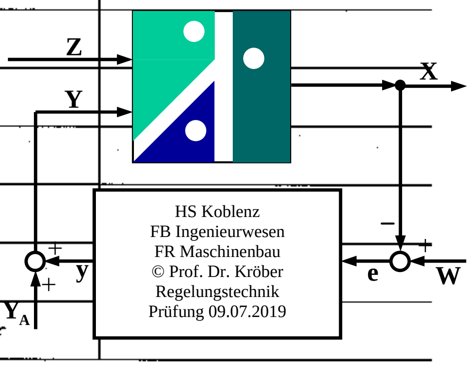
Hochschule Koblenz
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ____________________

Matr.-Nr. ____________________

Regelungstechnik SS 2019
Prof. Dr. W. Kröber

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



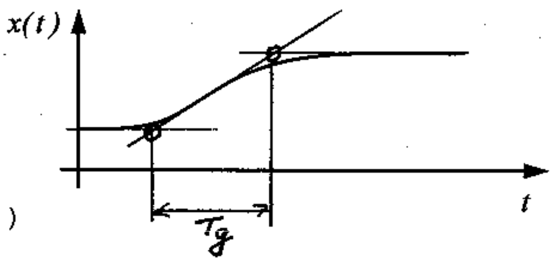
Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
  - Schreib- und Zeichengerät
  - Taschenrechner
  - Formelsammlung (4 Blätter)

Note : ____________________

K U R Z F R A G E N :

1. Bei der Parameterermittlung einer Regelstrecke reagiert die Regelstrecke aufgrund einer sprungförmigen Stellgrößenveränderung mit dem nebenstehenden Verlauf der Regelgröße. Zeigen Sie (in Skizze eintragen!), wie man die Ausgleichszeit ermittelt! (2P)



2. Bei einem Regelkreis ist K_P = 0,5 und die Amplitudenreserve ist A_R = 4. Wie groß ist K_P, wenn die Amplitudenreserve A_R = 2 ist? (1P)

$K_P = 1$

3. Bei der Füllstandsregelung (Regelgröße h) und dem zufließenden Volumenstrom (Stellgröße Q) gibt es folgende Gleichung:

$$Q = A \cdot \frac{dh}{dt}$$

Das Verhalten ist nicht PT_1, sondern: I-Glied
(2P)

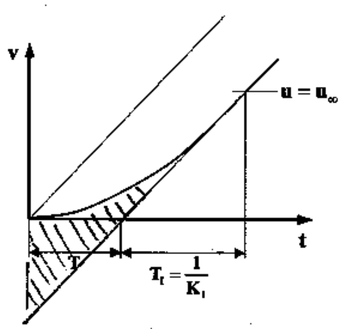
4. In einem Regelkreis gibt es eine Vorzeicheninvertierung. Gibt es auch andere Möglichkeiten (stabiles Verhalten)? (2P)

ungerade Anzahl Invertierungen

5. Wie viele Stellglieder benötigt man bei einer Kaskadenregelung, bei der 2 Regler eingesetzt werden? (1P)

1

6. Die Abbildung zeigt die Sprungantwort bei einem IT_1-Glied. Schraffieren Sie die homogene Lösung der Differentialgleichung! (2P)

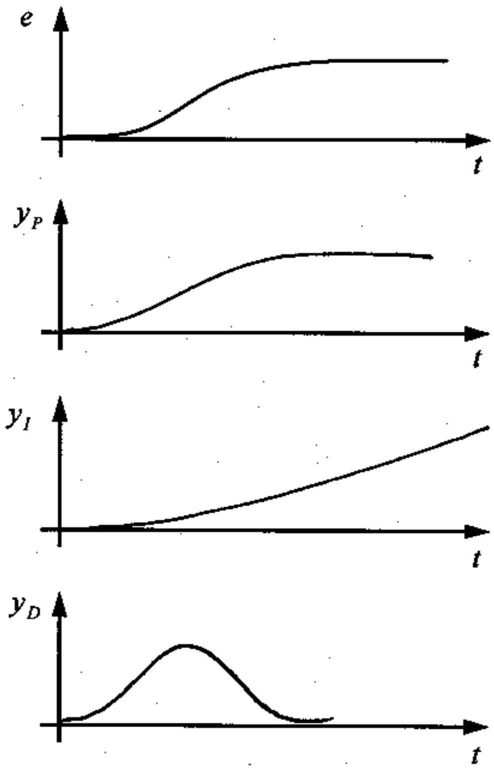


8. Einen Tiefpassfilter kann man im Sinne der Regelungstechnik als ein PT_1-Glied auffassen. Durch welches Glied wird ein Hochpassfilter beschrieben? (falsches Antwortbeispiel PT_2)
(2P)

DT_1

9. Bei einem PID-Regler wirkt als Eingangsgröße der abgebildete zeitliche Verlauf der Regeldifferenz. Ergänzen Sie den Verlauf des P-Anteils, I-Anteils und des D-Anteils!
(6P)

$$y = y_P + y_I + y_D = K_P \cdot e + K_I \cdot \int e \cdot dt + K_D \cdot \frac{de}{dt}$$



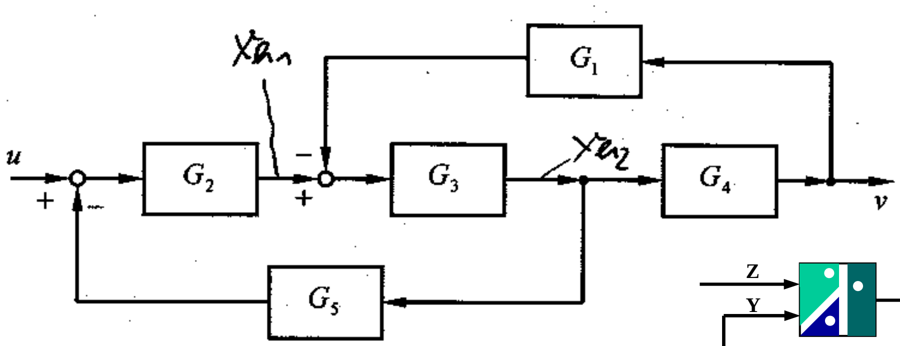
10. Durch Ausprobieren wurde eine optimale PID-Reglereinstellung von $K_P = 0{,}4$ und $T_V = 1$ s ermittelt. Wie groß muss dann T_n sein?
(2P)

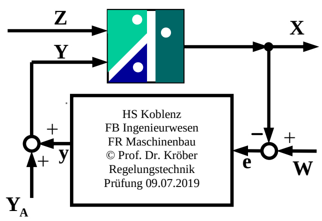
$T_n = 5s$

R E C H E N T E I L :

Aufgabe 1 (11P)

Bestimmen Sie durch Einführen von Hilfsgrößen für den abgebildeten Regelkreis den Frequenzgang $G = \frac{v}{u}$!





Aufgabe 2 (10P)

Eine Größe X hängt von den Eingangsgrößen Y und Z ab, also X = f(Y,Z).

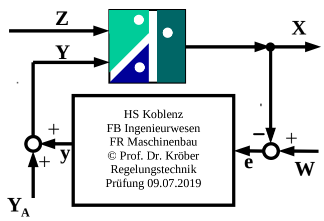
a. In der Tabelle sind Werte X = f (Y, Z) eingetragen. Bestimmen Sie für den Arbeitspunkt Y_A = 2 und Z_A = 4 die Parameter K_Y und K_Z (Differenzenverfahren)!

Y \ Z →	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
1,5	9,375	13,500	18,375	24,000	30,375
2,0	12,500	18,000	24,500	32,000	40,500
2,5	15,625	22,500	30,625	40,000	50,625

Hilfestellung: $K_Y|_A \approx \frac{\partial X}{\partial Y}|_A$ und $K_Z|_A \approx \frac{\partial X}{\partial Z}|_A$

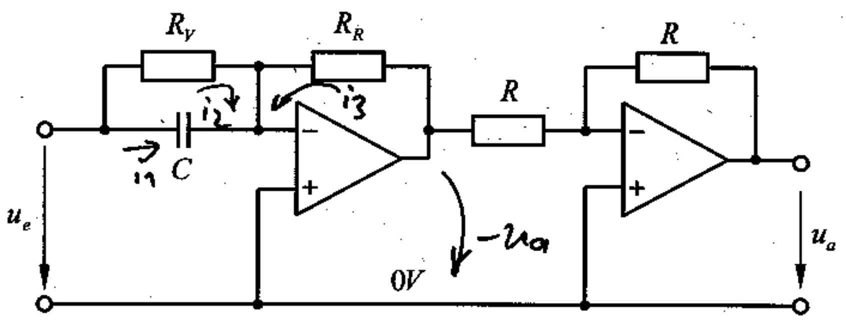
b. Bestimmen Sie die Parameter K_Y und K_Z für den gleichen Arbeitspunkt auf rechnerischem Wege (partielle Ableitungen)!

Gehen Sie aus von: $X = Y \cdot Z^2$



Aufgabe 3 (11P)

Die Schaltung zeigt einen idealen PD-Regler. Bestimmen die K_P und T_V in Abhängigkeit der angegebenen Widerstände und des Kondensators!



Hilfestellung: $G = \frac{u_a}{u_e} = K_P \cdot (1 + j\omega \cdot T_V)$

Aufgabe 4 (14P)

Eine Regelstrecke 2. Ordnung wird mit einem PI-Regler geregelt.

$$G_S = \frac{K_S}{(1+j\omega T)\cdot(1+j\omega T)} \qquad\qquad G_R = K_P\cdot\left(1+\frac{1}{j\omega T_n}\right)$$

Beim Aufstellen des Führungsfrequenzganges erhält man die angegebene Differentialgleichung:

$$a_3\cdot\frac{d^3x}{dt^3}+a_2\cdot\frac{d^2x}{dt^2}+a_1\cdot\frac{dx}{dt}+a_0\cdot x=b_0\cdot w+b_1\cdot\frac{dw}{dt}$$

Bestimmen Sie die Koeffizienten der Differentialgleichung in Abhängigkeit von K_S, T, K_P und T_n!

Aufgabe 5 (18P)

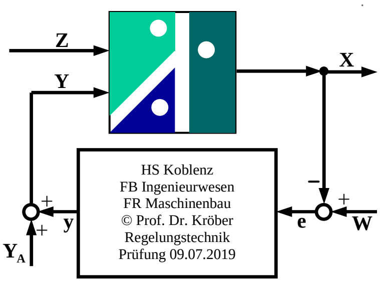
Bestimmen Sie von dem angegebenen Frequenzgang |G| und φ an der Stelle $\omega = 2\ s^{-1}$!

$$G=\frac{K_I\cdot(1+j\omega T_1)}{j\omega\cdot(1+j\omega T_2)}$$

Der graphische Funktionsverlauf hat für $\omega = 2\ s^{-1}$ eine Besonderheit (siehe Aufgabe 6). Um welche Besonderheit handelt es sich?
(Falsches) Antwortbeispiel: Kurvenverlauf ist besonders steil.

Zahlenwerte: $K_I = 4\ s^{-1}$ $\quad T_1 = 2{,}5\ s$ $\quad T_2 = 0{,}1\ s$

Hilfestellungen:



I-Glied: $\quad |G| = \frac{K_I}{\omega} \qquad \varphi = -90°$

PD-Glied: $\quad |G| = K\cdot\sqrt{1+(\omega\cdot T)^2} \qquad tan(\varphi) = \omega\cdot T$

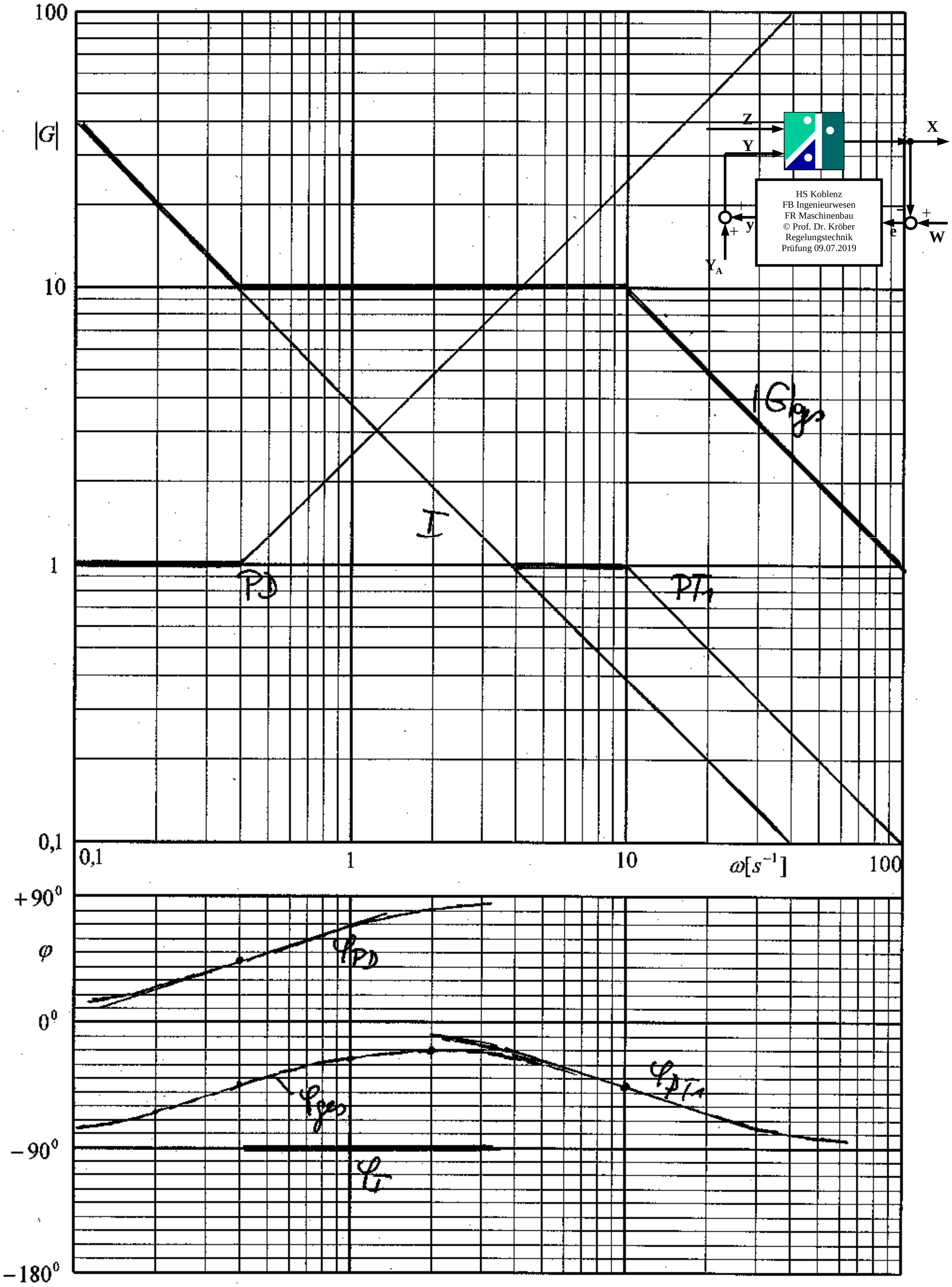
PT_1-Glied: $\quad |G| = \frac{K}{\sqrt{1+(\omega\cdot T)^2}} \qquad tan(\varphi) = -\omega\cdot T$

Aufgabe 6 (16P)

Der angegebene Frequenzgang soll graphisch im Bode-Diagramm dargestellt werden.

$$G = \frac{K_I \cdot (1 + j\omega T_1)}{j\omega \cdot (1 + j\omega T_2)}$$

Gegebene Zahlenwerte: $K_I = 4\ s^{-1}$ $T_1 = 2{,}5\ s$ $T_2 = 0{,}1\ s$



Prüfung Regelungstechnik 09.07.19

zu1)

$$\left.\begin{aligned} x_{a1} &= G_2(u - G_5 \cdot x_{a2}) \\ x_{a2} &= G_3(x_{a1} - G_1 \cdot v) \\ v &= G_4 \cdot x_{a2} \end{aligned}\right\} x_{a2} = G_3\left(G_2(u - G_5 \cdot x_{a2}) - G_1 \cdot v\right)$$

$$x_{a2} = \frac{v}{G_4}$$

$$\frac{v}{G_4} = G_3\left(G_2\left(u - G_5 \frac{v}{G_4}\right) - G_1 \cdot v\right) \Big| \cdot G_4$$

$$v = G_3 G_2 G_4 u - G_2 G_3 G_5 \cdot v + G_1 G_4 G_3 v$$

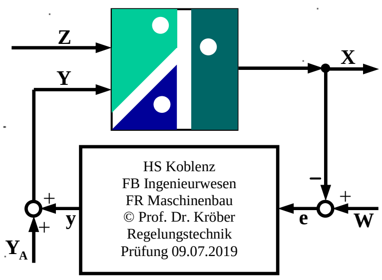
$$v(1 + G_2 G_3 G_5 + G_1 G_3 G_4) = G_2 G_3 G_4 u$$

$$G = \frac{v}{u} = \frac{G_2 G_3 G_4}{1 + G_3(G_2 G_5 + G_1 G_4)}$$

zu2,a)

$$K_y = \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \frac{40-24}{2,5-1,5} = 16$$

$$K_z = \frac{\Delta X}{\Delta Z} = \frac{40,5-24,5}{4,5-3,5} = 16$$



b)

$$X = Y \cdot Z^2$$

$$K_y = \frac{\partial X}{\partial Y}\Big|_A = Z^2\Big|_A = 4^2 = 16$$

$$K_z = \frac{\partial X}{\partial Z}\Big|_A = 2 \cdot Y_A Z_A = 2 \cdot 2 \cdot 4 = 16$$

zu3)

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

$$\frac{u_e}{\frac{1}{j\omega C}} + \frac{u_e}{R_V} + \frac{-u_a}{R_R} \Rightarrow u_e\left(j\omega C + \frac{1}{R_V}\right) = \frac{u_a}{R_R}$$

$$\frac{u_a}{u_e} = R_R\left(j\omega C + \frac{1}{R_V}\right) = \underbrace{\frac{R_R}{R_V}}_{K_P}\left(1 + j\omega \underbrace{R_V \cdot C}_{T_V}\right)$$

Prüfung Regelungstechnik 09.07.19

zu 4)

$$G_w = \frac{G_S\cdot G_R}{1+G_S\cdot G_R} = \frac{\frac{K_S}{(1+j\omega T)(1+j\omega T)}\cdot K_P\left(1+\frac{1}{T_n j\omega}\right)}{1+\frac{K_S}{(1+j\omega T)(1+j\omega T)}K_P\left(1+\frac{1}{T_n j\omega}\right)}\ \frac{(1+j\omega T)^2\ T_n j\omega}{(1+j\omega T)^2\ T_n j\omega}$$

$$= \frac{K_S\cdot K_P(1+T_n j\omega)}{(1+j\omega T)(1+j\omega T)T_n j\omega + K_S\cdot K_P(1+T_n j\omega)}$$

$$= \frac{K_S K_P + K_S K_P T_n j\omega}{T_n j\omega + 2 j\omega T T_n j\omega + (j\omega)^3 T^2 T_n + K_S K_P + K_S K_P T_n (j\omega)}$$

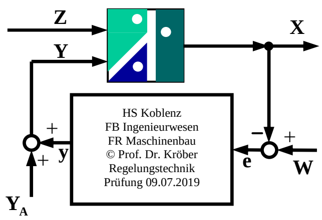
$a_0 = K_S K_P$; $a_1 = T_n(1+K_S K_P)$; $a_2 = 2 T T_n$; $a_3 = T^2 T_n$

$b_0 = K_S\cdot K_P$; $b_1 = K_S K_P T_n$

zu 5)

$$|G| = \frac{K_I}{\omega}\sqrt{1+(\omega T_1)^2}\cdot\frac{1}{\sqrt{1+(\omega T_2)^2}} = \frac{4}{2}\sqrt{1+(2\cdot 2{,}5)^2}\cdot\frac{1}{\sqrt{1+(2\cdot 0{,}1)^2}}$$

$$= 2\cdot 5{,}0990\cdot 0{,}9806 = \underline{\underline{10}}$$



$\varphi_1 = -90°$

$\tan\varphi_1 = \omega T_1 = 2\cdot 2{,}5 \Rightarrow \varphi_1 = +78{,}6901°$

$\tan\varphi_2 = -\omega T_2 = -2\cdot 0{,}1 \Rightarrow \varphi_2 = -11{,}3099°$

$\varphi_{ges} = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_2 = -90° + 78{,}6901° - 11{,}3099° = \underline{\underline{-22{,}62°}}$

Besonderheit: Maximum (horizontale Tangente)