

Regelungstechnik WS18/19  
 Prof. Dr. W. Kröber

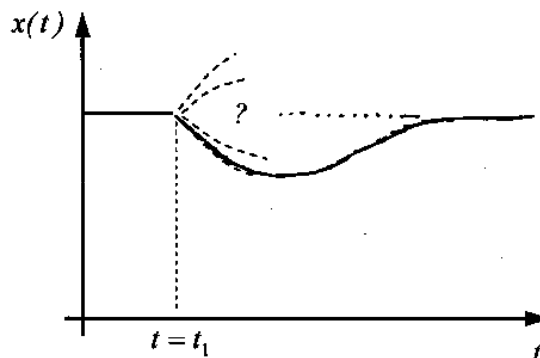
Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

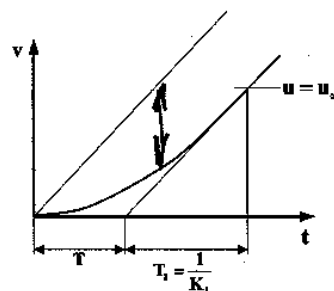
Note : \_\_\_\_\_

KURZFRAGEN :

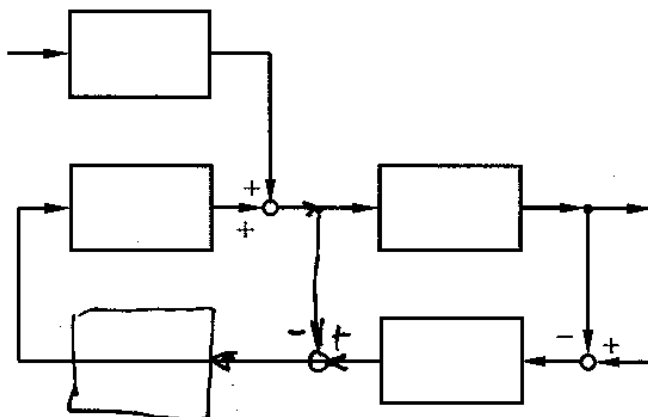
1. Bei einer Durchflussregelung wird ein PI-Regler verwendet. Zum Zeitpunkt  $t = t_1$  wird ein Drosselventil (als Störgröße) etwas geschlossen. Skizzieren Sie den weiteren Verlauf der Regelgröße!  
 ( 3P )



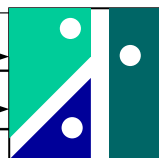
2. Die Abbildung zeigt die Sprungantwort bei einem  $IT_1$ -Glied. Dabei tritt ein sogenannter Schleppfehler auf. Markieren Sie diesen Schleppfehler!  
 ( 2P )



3. Ergänzen Sie den abgebildeten Regelkreis so, dass eine Kaskadenregelung entsteht!  
 ( 3P )



Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

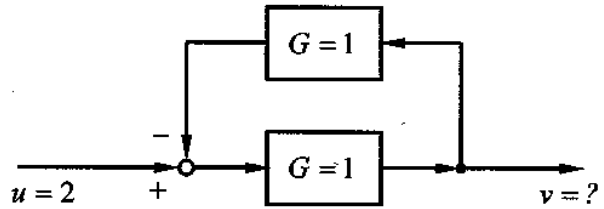


HS Koblenz  
 FB Ingenieurwesen  
 FR Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Regelungstechnik  
 Prüfung 29.01.2019

4. Bei einem PID-Regler sind  $T_n = 20$  s und  $T_v = 4$  s eingestellt. Die Verstärkungen für den D und I-Anteil sollen halbiert werden. Wie lauten die neuen Einstellwerte?  
( 2P )

$T_n = 40$  s  $T_v = 2$  s

5. Wie groß ist die Ausgangsgröße  $v$  bei dem abgebildeten Übertragungssystem?  
( 3P )



Hilfestellung:  $G_{ges} = \frac{v}{u} = \frac{\text{direkter Weg}}{1 + \text{Kreis}} = \frac{1}{1+1 \cdot 1} = \frac{1}{2} = \frac{v}{u} = \frac{v}{2} \Rightarrow v=1$

6. Wie groß ist die Phasenverschiebung bei einem P-Glied, I-Glied und einem D-Glied (jeweils für sich betrachtet)?  
( 3P )

$\varphi_p = 0^\circ$   $\varphi_I = -90^\circ$   $\varphi_D = +90^\circ$

7. Wie verändern sich die Amplitudenreserve und die Phasenreserve, wenn eine im Regelkreis vorhandene Totzeit verkleinert wird?  
( 2P )

$A_R \uparrow$   $\alpha_p \uparrow$

8. Ein Regelkreis mit PID-Regler ist instabil. Welchen der drei Parameter  $K_p$ ,  $T_n$  und  $T_v$  muss man in welche Richtung verändern, damit der Regelkreis nicht mehr instabil ist (nur einen der drei Parameter!)?  
( 2P )

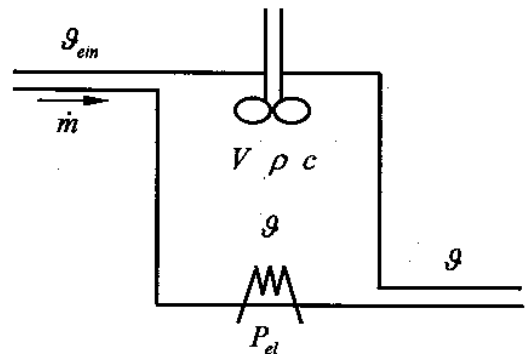
$K_p \downarrow$

RECHENTEIL :

Aufgabe 1 ( 13P )

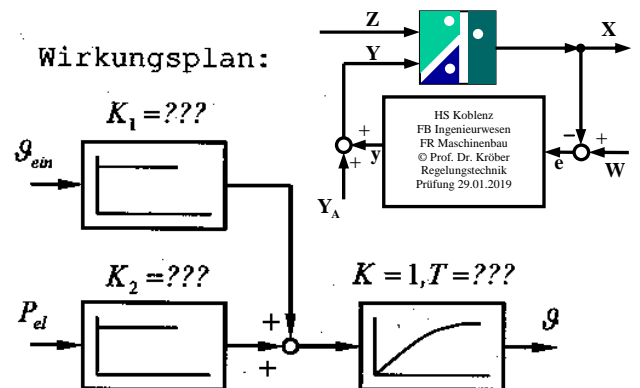
Die nebenstehende Abbildung zeigt ein Anlagenschema einer Warmwasseraufbereitung. Die formelmäßige Beschreibung der Energiebilanz lautet:

$$\dot{m} \cdot c \cdot \vartheta_{ein} + P_{el} - \dot{m} \cdot c \cdot \vartheta = V \cdot \rho \cdot c \cdot \frac{d\vartheta}{dt}$$



Formen Sie die Gleichung so um, dass sie mit dem angegebenen Wirkungsplan beschrieben werden kann. Wie lauten dann die Gleichungen zur Bestimmung der Parameter  $K_1$ ,  $K_2$  und  $T$ ?

Ges.:  $K_1$  und  $K_2$  und  $T$  in Abhängigkeit von  $\dot{m}$ ,  $V$ ,  $\rho$  und  $c$



Aufgabe 2 ( 12P )

Das statische Verhalten einer Regelstrecke wird durch das angegebene Kennfeld beschrieben. Im Arbeitspunkt  $Y = Y_A = 5$  und  $Z = Z_A = 2$  soll das Kennfeld durch folgenden Linearansatz beschrieben werden:

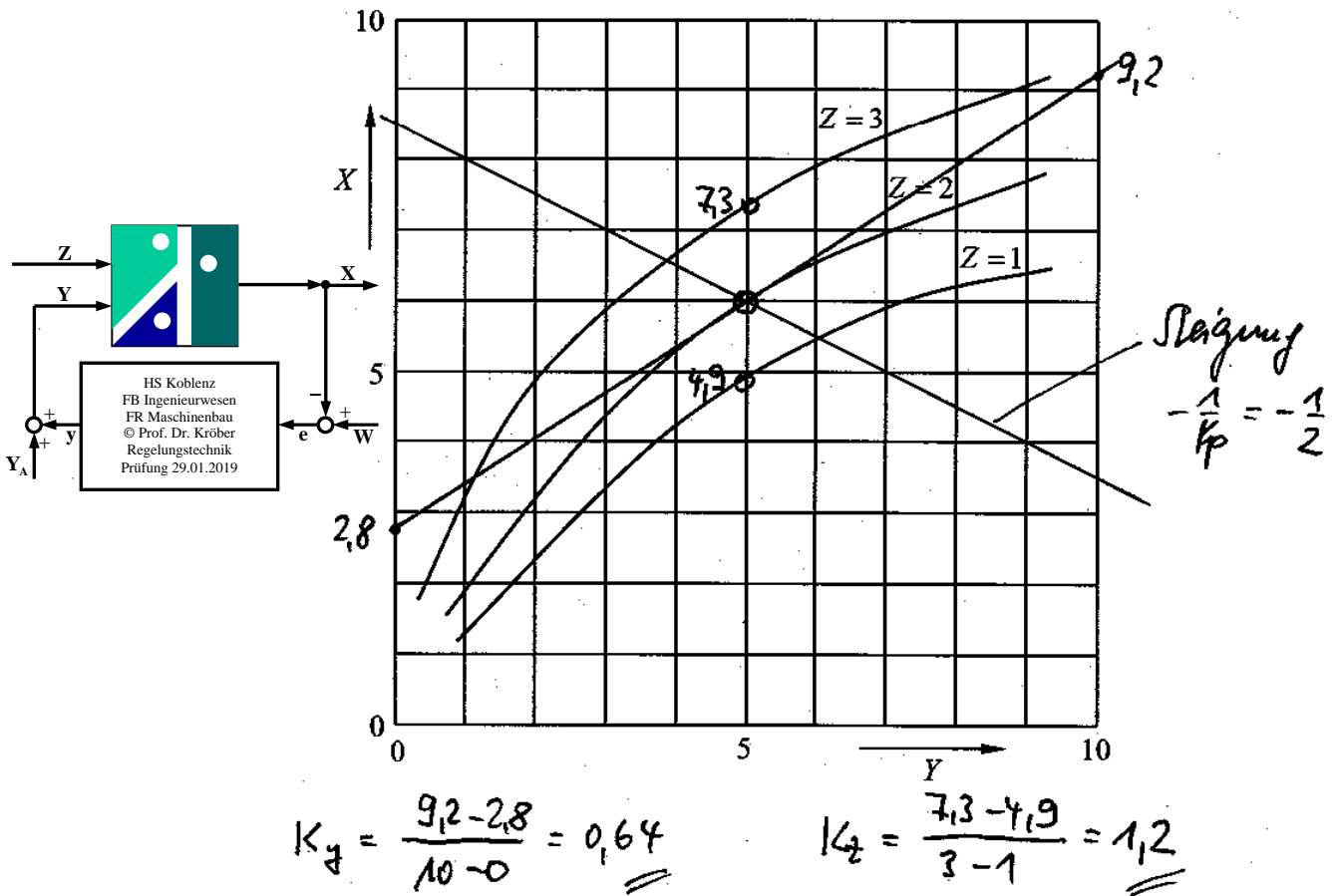
$$x = K_y \cdot y + K_z \cdot z$$

a. Bestimmen Sie zunächst  $K_y$  und  $K_z$ !

Hilfestellung:  $K_y = \left. \frac{\partial X}{\partial Y} \right|_A$  sowie  $K_z = \left. \frac{\partial X}{\partial Z} \right|_A$

b. Bei Verwendung eines P-Reglers ergibt sich für die Kennlinie des P-Reglers in dem Kennfeld eine Gerade. Tragen Sie diese Gerade ein für den Fall, dass  $K_p = 2$  beträgt!

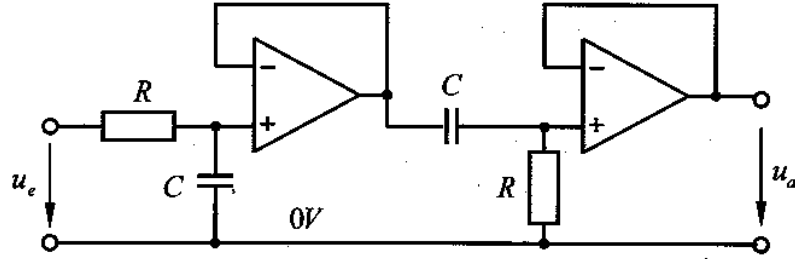
Mögliche Hilfestellung:  $Y = Y_A + K_p \cdot (W - X)$



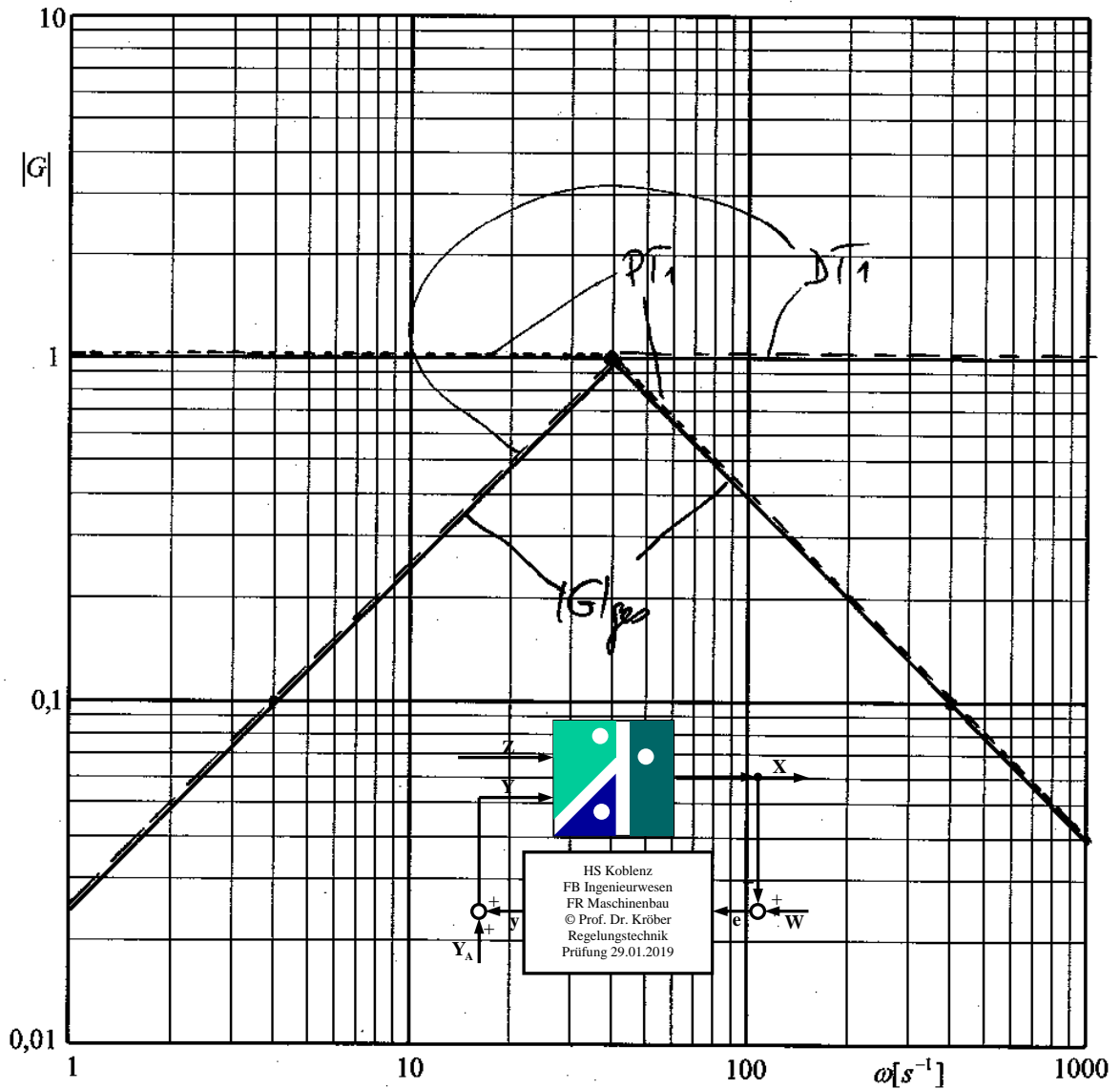
Aufgabe 3 ( 8P )

Die Reihenschaltung eines Tiefpasses und eines Hochpasses ergibt einen Bandpassfilter. Tragen Sie die Betragskennlinie des Bandpassfilters in das Bode-Diagramm ein!

Gegebener Zahlenwert:  $R \cdot C = 0,025 \text{ sec}$



$$G = G_{\text{Bandpass}} = G_{\text{Tiefpass}} \cdot G_{\text{Hochpass}} = \frac{1}{1 + j\omega RC} \cdot \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$



Aufgabe 4 ( 12P )

Ein PI-Regler wird durch die angegebene Rekursionsgleichung beschrieben.

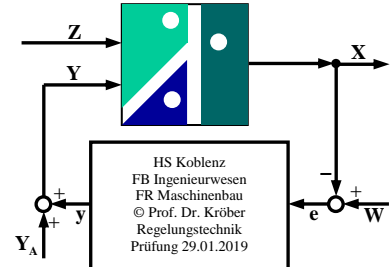
$$y_i = y_{i-1} + 2,25 \cdot e_i - 2 \cdot e_{i-1}$$

Der Zeitschritt beträgt  $\Delta t = 0,5$  s.

Wie groß sind  $K_p$ ,  $T_n$  und  $T_v$ ?

Hilfestellung:

$$y_i = y_{i-1} + K_p \cdot \left[ \left(1 + \frac{\Delta t}{T_n} + \frac{T_v}{\Delta t}\right) \cdot e_i - \left(1 + 2 \cdot \frac{T_v}{\Delta t}\right) \cdot e_{i-1} + \frac{T_v}{\Delta t} \cdot e_{i-2} \right]$$



Aufgabe 5 ( 20P )

Die abgegebene Regelstrecke wird mit einem P-Regler geregelt.

$$G_S = \frac{K_S}{(1 + j\omega T_1) \cdot (1 + j\omega T_2) \cdot (1 + j\omega T_3)}$$

- Bestimmen Sie zunächst den Führungsfrequenzgang!
- Ermitteln Sie mit dem Hurwitzverfahren den Wert für  $K_p$  an der Stabilitätsgrenze (formelmäßige Lösung)!
- Wie groß ist der numerische Wert für  $K_{p \text{ krit}}$ ?  
Zahlenwerte, nur für Fragestellung c:  
 $K_S = 5$      $T_1 = 1,25$  s     $T_2 = 0,25$  s     $T_3 = 0,05$  s

Hilfestellung zum Hurwitzverfahren:  $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$

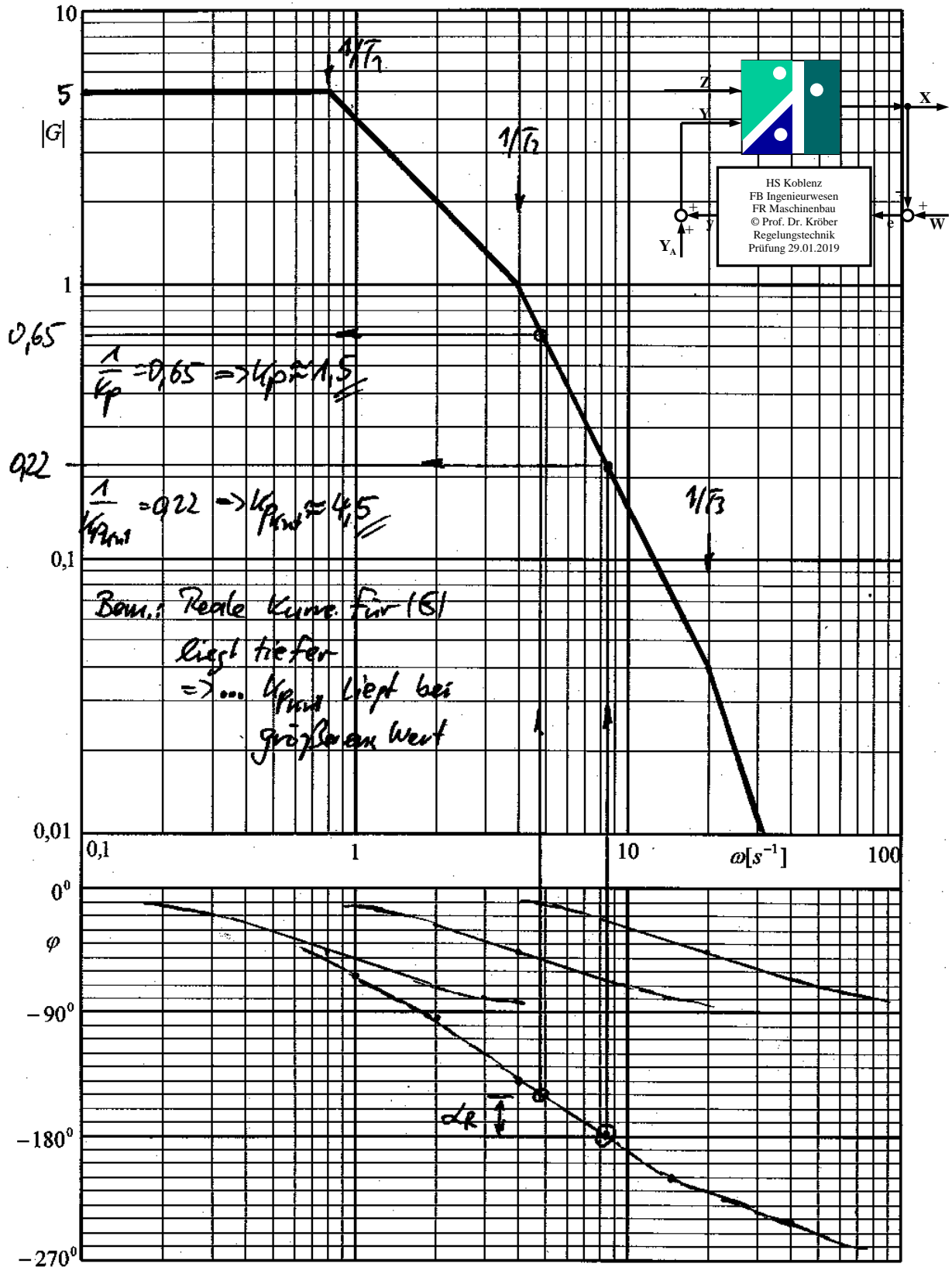
Ferner:  $G_W = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S}$

Aufgabe 6 ( 15P )

Tragen Sie den Frequenzgang der angegebenen Regelstrecke ins Bode-Diagramm ein! Bestimmen Sie  $K_{p \text{ krit}}$  sowie  $K_p$  für den Fall, dass die Phasenreserve  $\alpha_R = 30^\circ$  beträgt!

$$G_s = \frac{K_s}{(1 + j\omega T_1) \cdot (1 + j\omega T_2) \cdot (1 + j\omega T_3)}$$

Gegebene Zahlenwerte:  $K_s = 5$     $T_1 = 1,25 \text{ s}$     $T_2 = 0,25 \text{ s}$     $T_3 = 0,05 \text{ s}$



# Prüfung Regelungstechnik 29.01.19

zu 1)  $\dot{u} \cdot c \cdot \text{lein} + P_{ee} = \dot{u} \cdot c \cdot \text{al} + V \cdot S \cdot c \frac{d \text{al}}{dt} \Big| \frac{1}{\dot{u} \cdot c}$

$$\begin{matrix} \ddots & \text{lein} & + & \frac{1}{\dot{u} \cdot c} & P_{ee} & = & \text{al} & + & \frac{V \cdot S \cdot c}{\dot{u} \cdot c} & \frac{d \text{al}}{dt} \\ & \uparrow & & \underbrace{\phantom{\frac{1}{\dot{u} \cdot c}}} & & & & & \underbrace{\phantom{\frac{V \cdot S \cdot c}{\dot{u} \cdot c}}} & \underbrace{\phantom{\frac{d \text{al}}{dt}}} \\ & K_1 & & & K_2 & & & & & T \end{matrix}$$

also:  $K_1 = \underline{\underline{1}} \quad K_2 = \underline{\underline{\frac{1}{\dot{u} \cdot c}}} \quad T = \underline{\underline{\frac{V \cdot S}{\dot{u}}}}$

zu 4)  $T_v = \underline{\underline{0}}$  (PI-Regler)

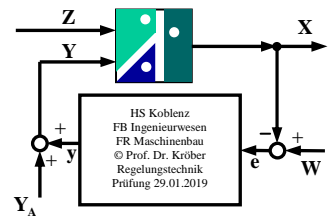
$$y_i = y_{i-1} + \underbrace{K_p \left[ 1 + \frac{\Delta t}{T_n} \right]}_{2,25} e_i - \underbrace{K_p}_{2} e_{i-1} \Rightarrow \underline{\underline{K_p = 2}}$$

$$2 \left( 1 + \frac{\Delta t}{T_n} \right) = 2,25$$

$$\frac{\Delta t}{T_n} = \frac{2,25}{2} - 1 = 0,125 = \frac{0,5 \text{ s}}{T_n} \Rightarrow \underline{\underline{T_n = 4 \text{ s}}}$$

zu 5, a)  $G_w = \frac{G_e \cdot G_S}{1 + G_e \cdot G_S} = \frac{K_p}{1 + K_p} \frac{K_S}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)(1+j\omega T_3)} \cdot \frac{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)(1+j\omega T_3)}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)(1+j\omega T_3)}$

$$G_w = \underline{\underline{\frac{K_p K_S}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)(1+j\omega T_3) + K_p K_S}}}$$



# Prüfung Regelungstechnik 29.01.19

$$\begin{aligned}
 \text{m.S. b)} \quad G_w &= \frac{K_p K_S}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)(1+j\omega T_3) + K_p K_S} \\
 &= \frac{K_p K_S}{(1+j\omega T_2 + j\omega T_1 + (j\omega)^2 T_1 T_2)(1+j\omega T_3) + K_p K_S} \\
 &= \frac{K_p K_S}{1 + j\omega T_3 + j\omega T_2 + (j\omega)^2 T_2 T_3 + j\omega T_1 + (j\omega)^2 T_1 T_3 + (j\omega)^2 T_1 T_2 + K_p K_S}
 \end{aligned}$$

$$G_w = \frac{K_p K_S}{1 + K_p K_S + (j\omega)[T_1 + T_2 + T_3] + (j\omega)^2 [T_2 T_3 + T_1 T_3 + T_1 T_2] - (j\omega)^3 T_1 T_2 T_3}$$

$$a_0 = 1 + K_p K_S$$

$$a_1 = T_1 + T_2 + T_3$$

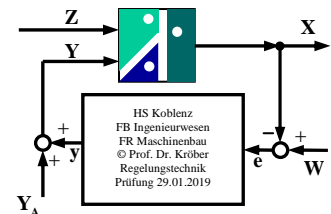
$$a_2 = T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3$$

$$a_3 = T_1 T_2 T_3$$

1. Bed.  $a_1 > 0 \Rightarrow$  erfüllt

2. Bed.:

$$a_1 a_2 > a_0 a_3$$



$$(T_1 + T_2 + T_3)(T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3) > (1 + K_p K_S) T_1 T_2 T_3$$

$$\frac{(T_1 + T_2 + T_3)(T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3)}{T_1 T_2 T_3} > 1 + K_p K_S$$

$$K_p = K_{p_{\text{limit}}} = \frac{1}{K_S} \left[ \frac{(T_1 + T_2 + T_3)(T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3)}{T_1 T_2 T_3} - 1 \right]$$

m.S. c)

$$K_{p_{\text{limit}}} = \frac{1}{5} \left[ \frac{(1,25 + 0,25 + 0,05)(1,25 \cdot 0,25 + 1,25 \cdot 0,05 + 0,25 \cdot 0,05)}{1,25 \cdot 0,25 \cdot 0,05} - 1 \right]$$

$$= \underline{\underline{7,488}} \quad (\text{geringer Wert})$$