

Regelungstechnik SS 2015  
 Prof. Dr. W. Kröber

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

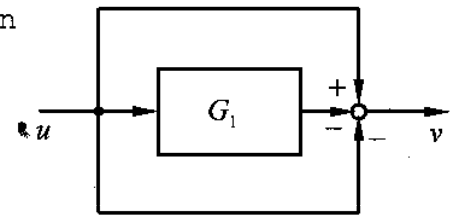
- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
  - Schreib- und Zeichengerät
  - Taschenrechner
  - Formelsammlung ( 4 Blätter )

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

**KURZFRAGEN :**

1. Wie lautet der Frequenzgang der angegebenen Struktur? ( 3P )

$-G_1$



2. Welches Gesamtverhalten ergibt sich, wenn eine Regelstrecke ohne Ausgleich mit einem I-Regler geregelt wird? ( 2P )

$PT_2$  ohne Dämpfung

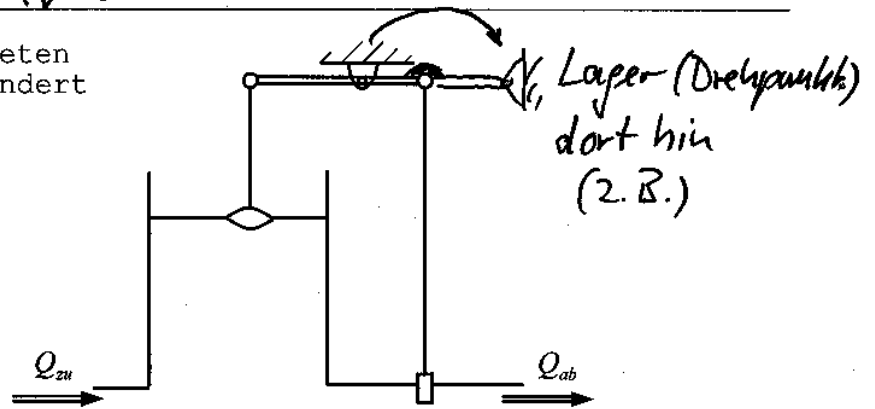
3. Eine Regelstrecke wird gesteuert betrieben. Woran erkennt man, ob es sich um eine "Regelstrecke mit Ausgleich" oder eine "Regelstrecke ohne Ausgleich" handelt? ( 4P )

x und y zunächst Null, dann  $y \neq 0$  ; geht x gegen festen Wert  $\rightarrow$  mit Ausgleich ; geht x gegen  $\infty \rightarrow$  ohne Ausgleich

4. Ein PID-Regler mit den Einstellwerten  $K_p = 0,8$ ;  $T_n = 10$  s und  $T_v = 2$  s soll zu Testzwecken als P-Regler betrieben werden. Welche Parameter müssen dann "wie" abgeändert werden? ( 2P )

$T_n \rightarrow \infty$   $T_v = 0$

5. Was muss an der abgebildeten Füllstandsregelung abgeändert werden? ( 4P )



Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

*+ Lösungen*

HS Koblenz  
 FB Ingenieurwesen  
 FR Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Regelungstechnik  
 Prüfung 14.07.2015

6. Wieviel Euro kostet ein handelsüblicher Regler?  
( 2P )

ca 500 €

7. Bei einer Dusche (Temperaturregelung mit Mischventil) beträgt die Strömungsgeschwindigkeit im Schlauch 3 m/s. Der Schlauch wird zu Testzwecken um 6 m verlängert. Wie ändert sich die Totzeit?  
( 3P )

2s

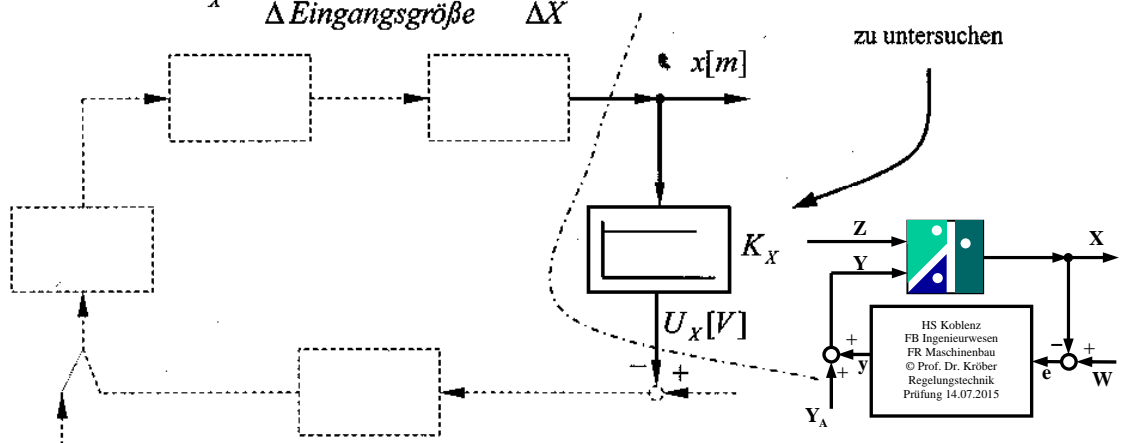
RECHENTEIL :

Aufgabe 1 ( 10P )

Im Labor Regelungstechnik werden an einer vorhandenen Positionsregelung mit geeigneten Ansätzen verschiedene Parameter der Regelstrecke ermittelt.

a. Für die Position werden zwei Positionssollwerte vorgegeben und angefahren. In einer Position beträgt die Spannung  $U_x = 4$  V, in der anderen Position beträgt die Spannung  $U_x = -6$  V. Zwischen den Positionen entsteht ein Verfahrweg von 125 mm. Bestimmen Sie  $K_x$ !

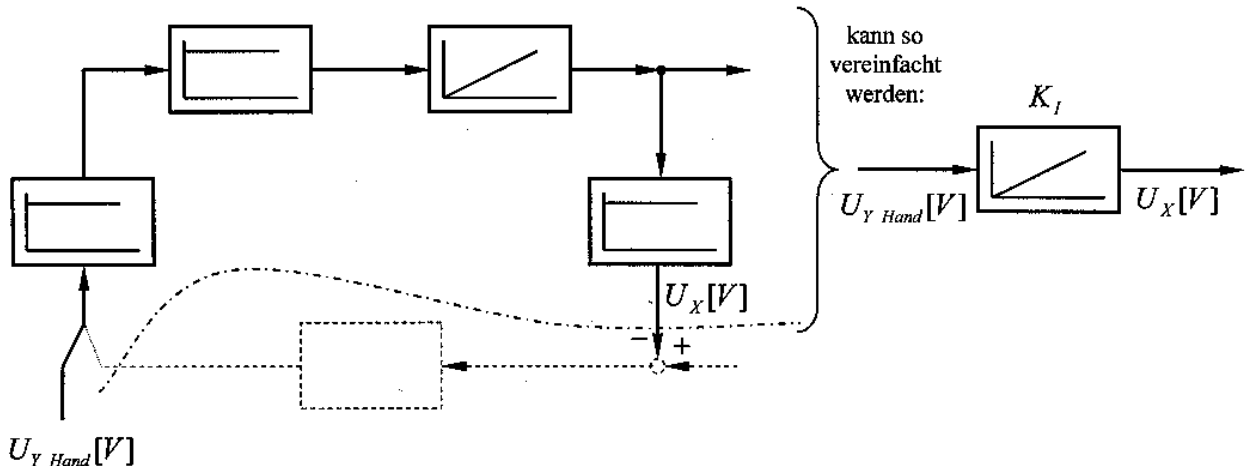
$$K_x = \frac{\Delta \text{Ausgangsgröße}}{\Delta \text{Eingangsgröße}} = \frac{\Delta U_x}{\Delta X}$$



b. Im gesteuerten Modus wird der Ausfahrvorgang untersucht. Bei einer Spannung von  $U_{y \text{ Hand}} = 2,5$  V steigt die Spannung  $U_x$  innerhalb von 2 Sekunden von 1 Volt auf 6 Volt an. Bestimmen Sie  $K_I$ !

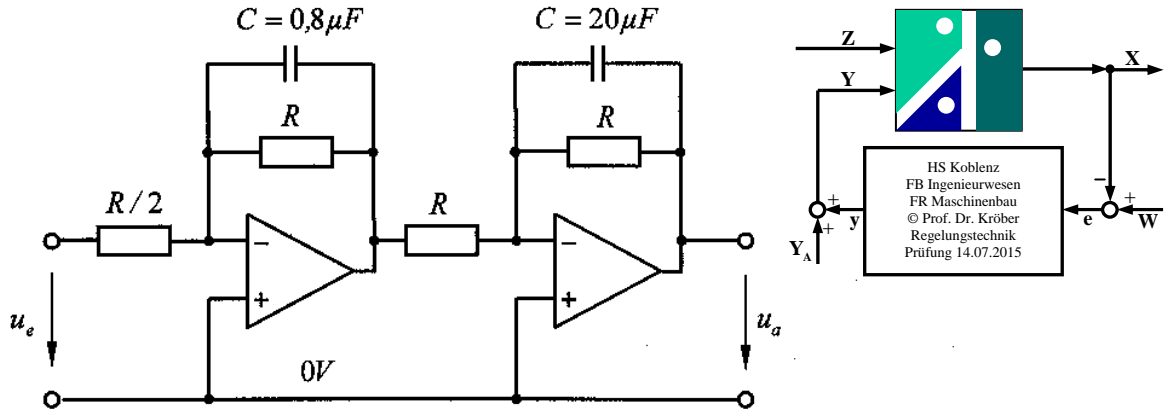
Zur Beschreibung dieses Verhaltens kann angesetzt werden:

$$U_x = K_I \cdot \int U_Y \cdot dt \quad \text{oder auch:} \quad \frac{\Delta U_x}{\Delta t} = K_I \cdot U_Y \quad (\text{weil } \dot{U}_x \sim U_Y)$$



Aufgabe 2 ( 12P )

Die abgebildete Schaltung verhält sich genau wie eine Reihenschaltung von Elementen 1. Ordnung.



- Für welchen Widerstand  $R$  besitzt das linke  $PT_1$ -Glied genau die Parameter  $K = K_1 = 2$ ;  $T_1 = 0,08$  s?  
Bemerkung: Diese Teilaufgabe ist erst dann vollständig gelöst, wenn ein formelmäßiger Nachweis erbracht wurde (Ansatz:  $i_1 + i_2 + i_3 = 0$ ).
- Weshalb besitzt das rechte  $PT_1$ -Glied die Parameter  $K = K_2 = 1$ ;  $T_2 = 2$  s?

Aufgabe 3 ( 12P )

Eine Regelstrecke besteht aus einer Reihenschaltung von 2  $PT_1$ -Elementen und wird mit einem I-Regler geregelt.

- Erstes  $PT_1$ -Element:  $K = K_1$ ;  $T_1$
- Zweites  $PT_1$ -Element:  $T_2$  (zweites  $PT_1$ -Element mit  $K = 1$ )
- I-Regler: Parameter  $K_I$

- Ermitteln Sie zunächst eine Gleichung für den Führungsfrequenzgang!
- Bestimmen Sie mit dem Hurwitz-Verfahren  $K_I$  an der Stabilitätsgrenze!  
Hilfestellung:  $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$

Aufgabe 4 ( 18P )

Eine Regelstrecke besteht aus einer Reihenschaltung von 2  $PT_1$ -Elementen.

Erstes  $PT_1$ -Element:  $K = K_1 = 2$ ;  $T_1 = 0,08$  s

Zweites  $PT_1$ -Element:  $K = K_2 = 1$ ;  $T_2 = 2$  s

- Bestimmen Sie auf rechnerischem Wege  $|G| = |G_S|$  und  $\varphi = \varphi_S$  für  $\omega = 2,5$  s<sup>-1</sup> (formelmäßige und numerische Lösung)!  
Hilfestellung(en):

$$G = \text{Re}(G) + j \cdot \text{Im}(G) = \text{Re} + j \cdot \text{Im} \qquad |G| = \sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2} \qquad \tan \varphi = \frac{\text{Im}}{\text{Re}}$$

- Die Parameter der  $PT_2$ -Regelstrecke kann man durch  $K$ ,  $T_1$  und  $T_2$  angeben und alternativ auch durch  $K$ , die Eigenkreisfrequenz und den Dämpfungsgrad. Bestimmen Sie die Eigenkreisfrequenz und den Dämpfungsgrad!

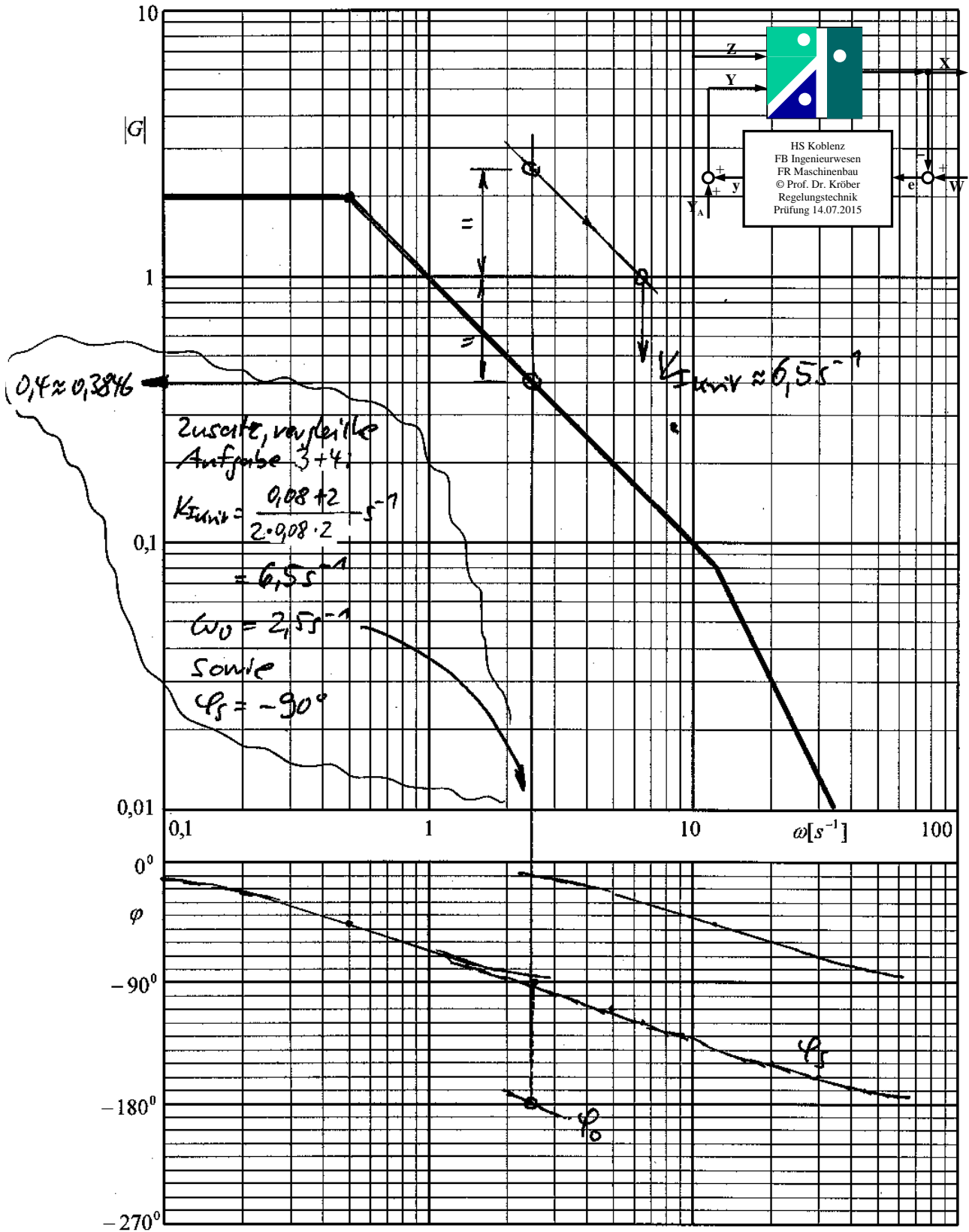
Aufgabe 5 ( 14P )

Eine Regelstrecke besteht aus einer Reihenschaltung von 2 PT<sub>1</sub>-Elementen und soll mit einem I-Regler geregelt werden.

Erstes PT<sub>1</sub>-Element:  $K = K_1 = 2$ ;  $T_1 = 0,08$  s

Zweites PT<sub>1</sub>-Element:  $K = K_2 = 1$ ;  $T_2 = 2$  s

Bestimmen Sie  $K_{I \text{ krit}}$  auf graphischem Wege im Bode-Diagramm!

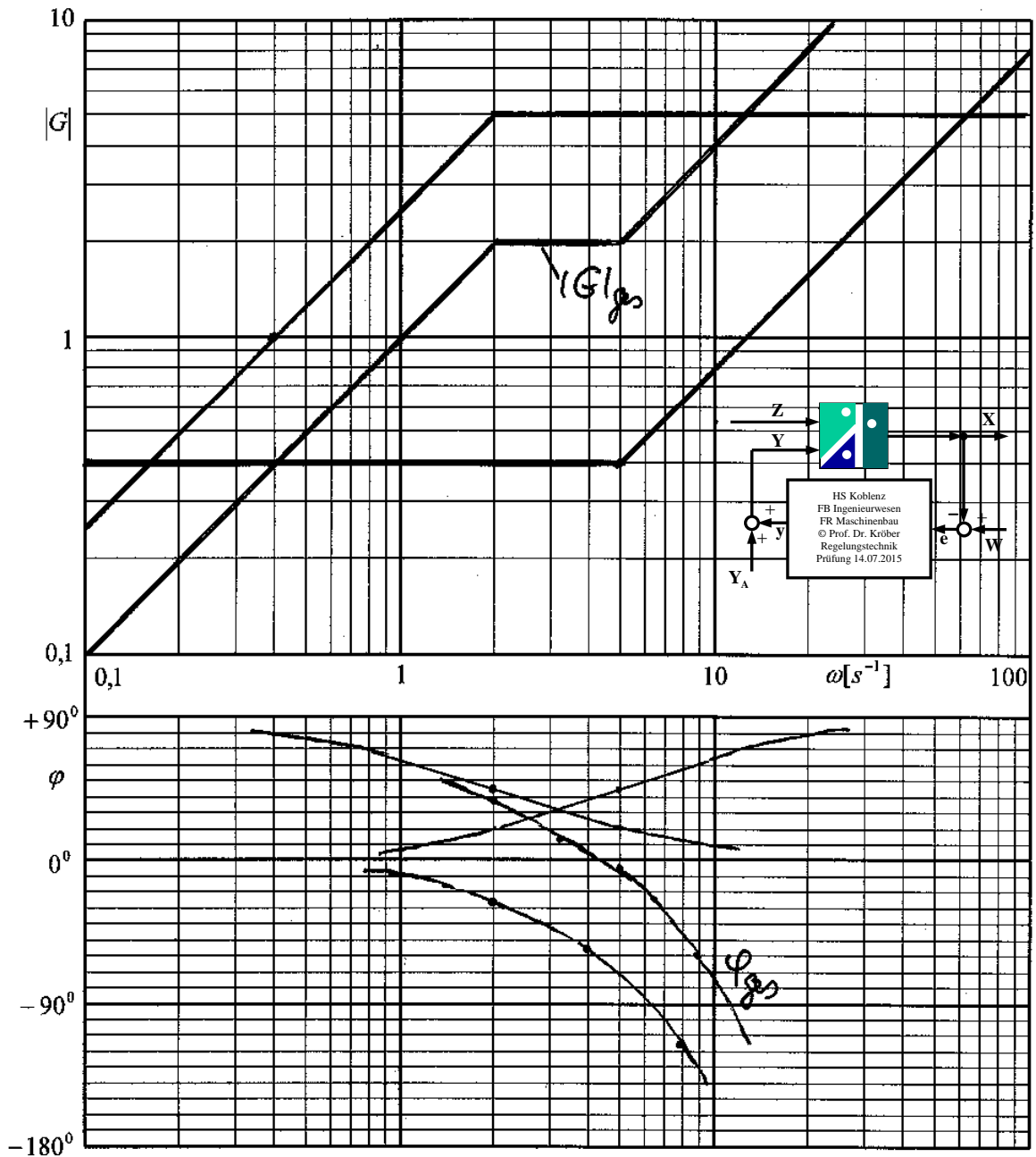


Aufgabe 6 ( 14P )

Im Bode-Diagramm ist die Reihenschaltung der folgenden drei Übertragungselemente darzustellen!

$$G_1 = \frac{K_1 j\omega}{1 + j\omega T_1} \quad G_2 = K_2(1 + j\omega T_2) \quad G_3 = e^{-j\omega T_3}$$

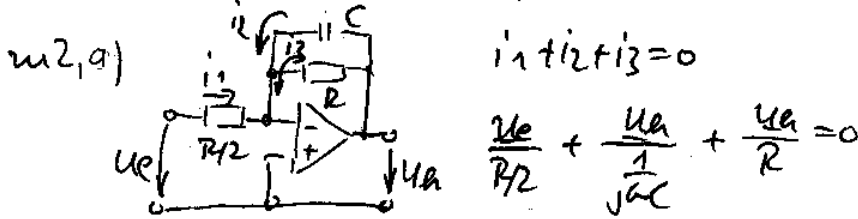
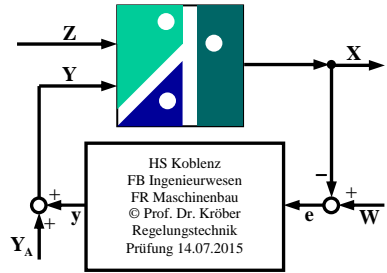
Zahlenwerte:  $K_1 = 2,5s$ ;  $T_1 = 0,5s$ ;  $K_2 = 0,4$ ;  $T_2 = 0,2s$ ;  $T_3 = 0,25s$



# Lösungen Prüfung Regelungstechnik 14.07.15

zu 1, a)  $\underline{K}_x = \frac{\Delta U_x}{\Delta x} = \frac{4V - (-6V)}{0,125m} = \underline{\underline{80 V/m}}$

b)  $\underline{K}_I = \frac{\frac{\Delta U_x}{\Delta t}}{U_y} = \frac{\frac{6V - 1V}{2s}}{2,5V} = \underline{\underline{1 s^{-1}}}$



$$\frac{2U_e}{R} = -U_A \left( j\omega + \frac{1}{R} \right)$$

$$\frac{U_A}{U_e} = -\frac{2}{R} \cdot \frac{1}{j\omega C + \frac{1}{R}} = -\frac{2}{1 + j\omega RC}$$

$\underline{\underline{K = K_1 = 2}}$     $T = T_1 = R \cdot C \Rightarrow \underline{\underline{R = \frac{T_1}{C} = \frac{0,08}{0,8 \cdot 10^{-6}} \Omega = 100 k\Omega}}$

Bem.: Minuszeichen wird durch nachfolgenden „Invertierer“ aufgehoben

b) Rückführung = R von idelstand  $\Rightarrow \underline{\underline{K = K_2 = 1}}$

$\underline{\underline{T = T_2 = R \cdot C = 100 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-6} s = 2 s}}$

zu 3)  $\underline{\underline{G_w = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S} = \frac{K_E \cdot K_1}{1 + \frac{K_E \cdot K_1}{j\omega (1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}} \cdot \frac{j\omega (1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}{j\omega (1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2) + K_E K_1}}$

$$\underline{\underline{G_w = \frac{K_E K_1}{j\omega (1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2) + K_E K_1}}}$$

b)  $\underline{\underline{G_w = \frac{K_E K_1}{j\omega (1+j\omega T_1+j\omega T_2 + (j\omega)^2 T_1 T_2) + K_E K_1} = \frac{K_E K_1}{j\omega (j\omega)^2 (T_1+T_2) + (j\omega)^3 T_1 T_2 + K_E K_1}}$

$a_0 = K_E K_1$  ;  $a_1 = 1$  ;  $a_2 = T_1 + T_2$  ;  $a_3 = T_1 T_2$

1. Bed:  $a_i > 0$

2. Bed:  $a_1 a_2 > a_0 a_3$

$1(T_1 + T_2) > K_E K_1 T_1 T_2 \Rightarrow \underline{\underline{K_E < \frac{T_1 + T_2}{K_1 T_1 T_2} = K_{E \text{ limit}}}}$

# Lösungen Prüfung Regelungstechnik 14.07.15

$$u4(a) \quad G_S = \frac{k_1}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}$$

$$\underline{|G_S|} = \frac{k_1}{\sqrt{1+(\omega T_1)^2} \sqrt{1+(\omega T_2)^2}} = \frac{2}{\sqrt{1+(2,5 \cdot 0,08)^2} \cdot \sqrt{1+(2,5 \cdot 2)^2}} = \underline{\underline{0,3846}}$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 \quad ; \quad \varphi_1 = -\arctan(\omega T_1); \quad \varphi_2 = -\arctan(\omega T_2)$$

$$\underline{\varphi = -\arctan(\omega T_1) - \arctan(\omega T_2)}$$

$$\underline{\varphi = -\arctan(2,5 \cdot 0,08) - \arctan(2,5 \cdot 2) = -11,31^\circ - 78,69^\circ = -90^\circ}$$

Detriktalternative:

$$G_S = \frac{k_1}{1+j\omega(T_1+T_2)+(j\omega)^2 T_1 T_2} = \frac{k_1}{\underbrace{(1-\omega^2 T_1 T_2)}_{\text{ReN}} + j \underbrace{[\omega(T_1+T_2)]}_{\text{ImN}}}$$

$$\underline{\underline{\tan \varphi = -\frac{\text{ImN}}{\text{ReN}} = -\frac{\omega(T_1+T_2)}{1-\omega^2 T_1 T_2} = -\frac{2,5(0,08+2)}{1-2,5^2 \cdot 0,08 \cdot 2} = -\frac{5,2}{0} \rightarrow -\infty}}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{\varphi = -90^\circ \text{ (exakt)}}$$

$$b) \quad G_S = \frac{k_1}{1+j\omega(T_1+T_2)+(j\omega)^2 T_1 T_2} \cdot \frac{\sqrt{T_1 T_2}}{\sqrt{T_1 T_2}}$$

$$= \frac{\frac{k_1}{T_1 T_2}}{\frac{1}{\omega_0^2} + (j\omega) \frac{T_1+T_2}{2\delta} + (j\omega)^2}$$

$$\underline{\underline{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{T_1 T_2}} = \frac{1}{\sqrt{0,08 \cdot 2}} \text{ s}^{-1} = 2,5 \text{ s}^{-1}}}$$

Beim.: Hier „zufällig“  $\omega = \omega_0 \rightarrow$  deshalb auch  $\varphi = -90^\circ$

$$\underline{\underline{n = \frac{f}{\omega_0} = \frac{\frac{T_1+T_2}{2\delta}}{\frac{1}{\sqrt{T_1 T_2}}} = \frac{T_1 T_2}{2\sqrt{T_1 T_2}} = \frac{0,08+2}{2\sqrt{0,08 \cdot 2}} = 2,6}}$$

