

Regelungstechnik SS 14  
 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. Beim Autofahren kann man die "Gaspedalstellung" als Eingangsgröße und die "sich einstellende Geschwindigkeit" oder den "zurückgelegten Weg" als Ausgangsgröße auffassen. Handelt es sich um eine Regelstrecke mit Ausgleich und/oder eine Regelstrecke ohne Ausgleich? ( 4P )

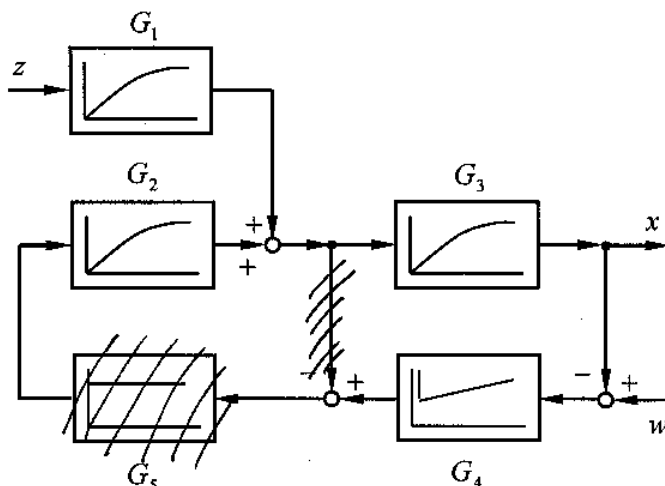
Ausgangsgröße  
 "sich einstellende Geschwindigkeit": mit Ausgleich  
 "zurückgelegter Weg": ohne Ausgleich

2. Bei einer numerischen Simulation (Zeitschritt sei 0,1s) wird eine Totzeit durch folgenden Algorithmus beschrieben:  $v_i = u_{i-5}$ . Wie groß ist die Totzeit? ( 3P )

$T_t = 0,5s$

3. Die Abbildung zeigt eine Kaskadenregelung. Daraus soll zur Vereinfachung ein sogenannter "einschleifiger Regelkreis" entstehen.

Welche Teile entfallen dann? ( 3P )



4. Welcher Teil der Lösung einer Differentialgleichung ist verantwortlich

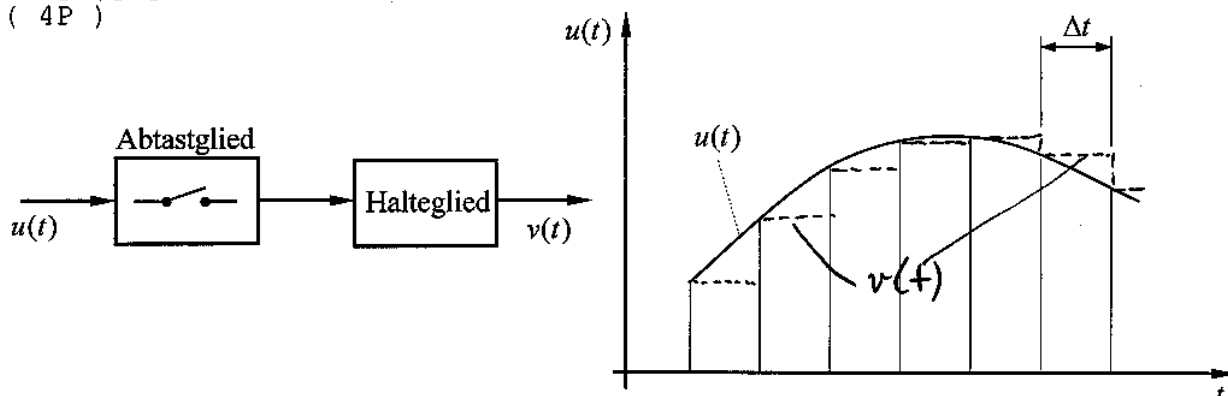
- für das Einschwingverhalten? homogene Lösung  
 - für die Stabilität eines Regelkreises? homogene Lösung  
 ( 4P )

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungen

HS Koblenz  
 FB Ingenieurwesen  
 FR Maschinenbau  
 © Prof. Dr. Kröber  
 Regelungstechnik  
 Prüfung 26.05.2014

5. Auf ein Abtast-Halteglied wirkt als Eingangsgröße  $u(t)$  der abgebildete Signalverlauf. Ergänzen Sie den Signalverlauf  $v(t)$  der Ausgangsgröße!  
( 4P )



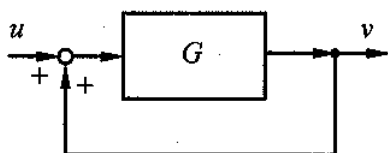
6. Bei einem Regelkreis ergibt sich eine mehr oder weniger große bleibende Regeldifferenz. Diese Differenz geht auch nach großen Zeiten nicht weg. Welcher Parameter muss dann aktiviert werden?  
( 2P )

I-Anteil einschalten

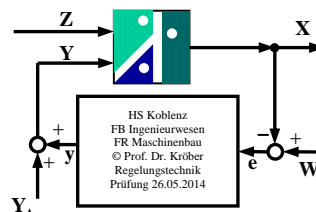
7. Bei einem Regelkreis vergeht ein verhältnismäßig "sehr lange Zeit", bis die bleibende Regeldifferenz zu Null wird. Welchen Parameter müssen Sie dann "in welche Richtung" verändern? ( 2P )

$T_n \downarrow$

8. Wie lautet der Frequenzgang des abgebildeten Systems?  
( 3P )



$$G_{ges} = \frac{v}{u} = \dots = ? \quad G_{ges} = \frac{G}{1-G}$$

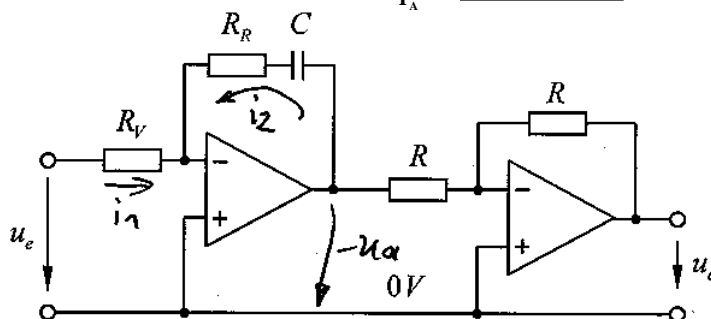


RECHENTEIL :

Aufgabe 1 ( 12P )

Die Abbildung zeigt ein Übertragungselement mit PI-Charakter. Es lässt sich beschreiben als:

$$G = \frac{u_a}{u_e} = K_p \cdot \left( 1 + \frac{1}{T_n \cdot j\omega} \right)$$

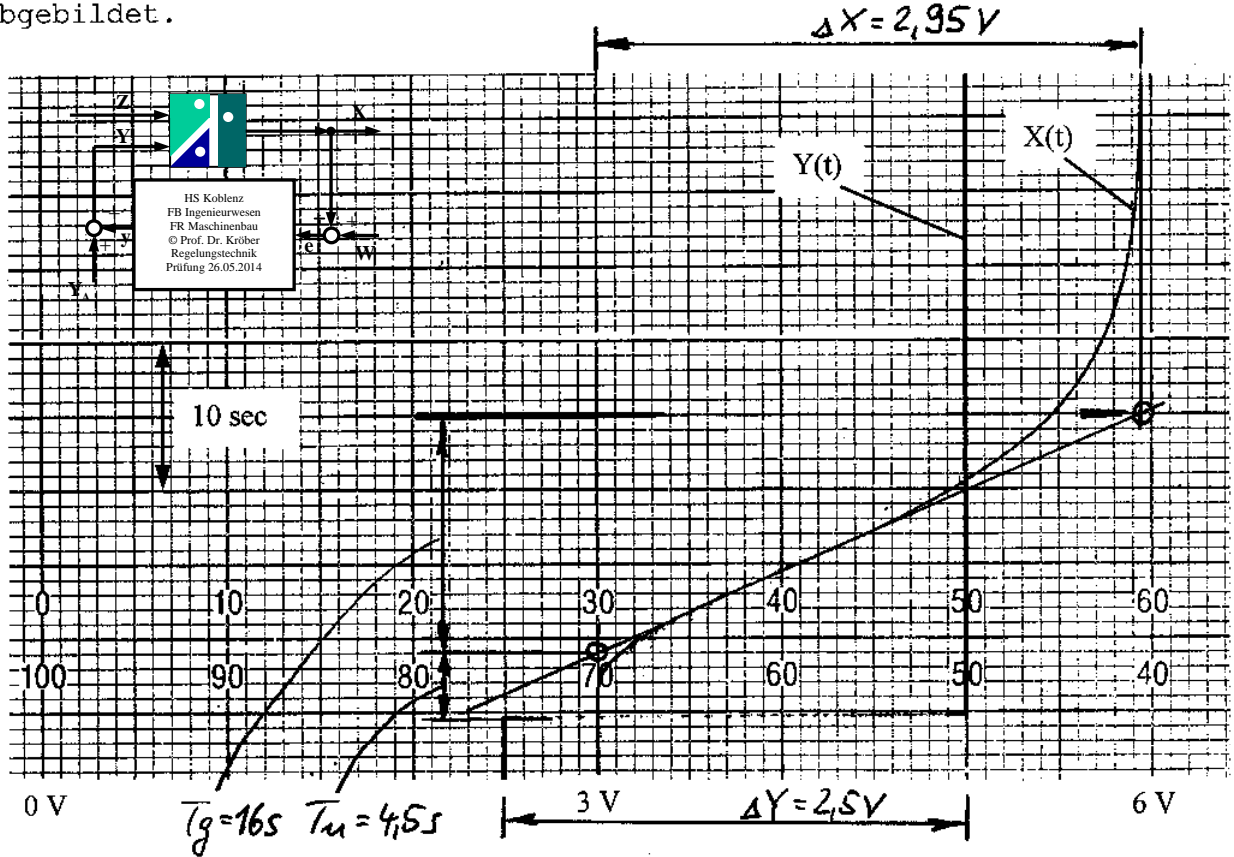


Wie kann man die Parameter  $K_p$  und  $T_n$  aus den gegebenen Größen  $R$ ,  $R_R$ ,  $R_V$  und  $C$  bestimmen?

Hinweis: Nicht Ergebnis "einfach hinschreiben", sondern Nachweis erbringen!

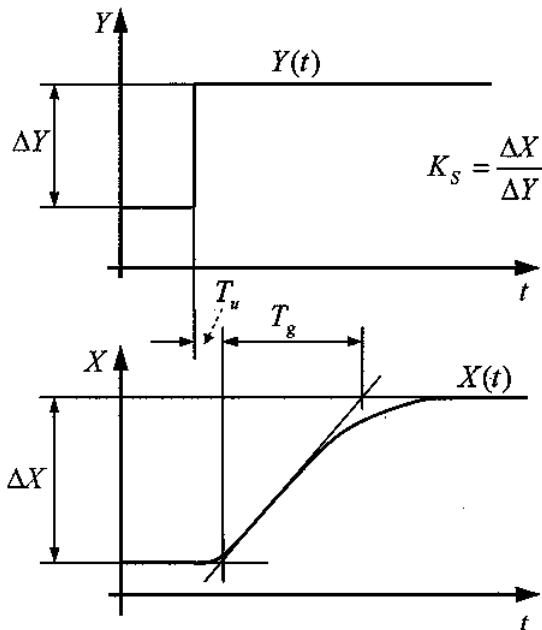
Aufgabe 2 ( 18P )

Im Labor der Regelungstechnik wird von einer  $PT_3$ -Strecke mit Totzeit eine Sprungantwort aufgezeichnet. Der dazugehörige Messschrieb ist hier abgebildet.



Bestimmen Sie die Größen  $K_S$ ,  $T_u$ ,  $T_g$  und daraus die Einstellparameter für einen PID-Regler. Die Regelung soll für Sollwertsprünge ausgelegt werden und es soll kein Überschwingen auftreten.

Auszug aus den Laborunterlagen:



Regler	Aperiodischer Regelverlauf		Regelverlauf mit 20% Überschwingen	
	Störung	Führung	Störung	Führung
P	$K_p$	$\frac{0,3 T_g}{K_S T_u}$	$\frac{0,3 T_g}{K_S T_u}$	$\frac{0,7 T_g}{K_S T_u}$
PI	$K_p$	$\frac{0,6 T_g}{K_S T_u}$	$\frac{0,35 T_g}{K_S T_u}$	$\frac{0,6 T_g}{K_S T_u}$
	$T_n$	$4T_u$	$1,2T_g$	$2,3T_u$
PID	$K_p$	$\frac{0,95 T_g}{K_S T_u}$	$\frac{0,6 T_g}{K_S T_u}$	$\frac{1,2 T_g}{K_S T_u}$
	$T_n$	$2,4T_u$	$1T_g$	$2T_u$
	$T_v$	$0,42T_u$	$0,5T_u$	$0,42T_u$

Aufgabe 3 ( 18P )

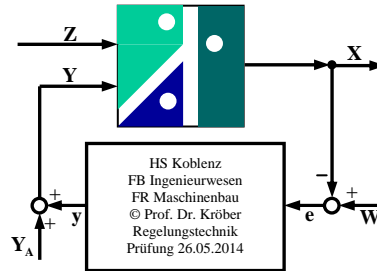
Zur Regelung einer Regelstrecke vom Typ  $PT_2$  soll ein PI-Regler verwendet werden.

Regelstrecke:  $G_S = \frac{K_S}{(1 + j\omega T_1) \cdot (1 + j\omega T_2)}$       Regler:  $G_R = K_P \cdot \left( 1 + \frac{1}{T_n \cdot j\omega} \right)$

Berechnen Sie mit dem Hurwitzverfahren eine Einstellbedingung für  $T_n$ !

Ziel:  $T_n > \dots$

Hinweis:  $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$



Aufgabe 4 ( 18P )

Bestimmen Sie von der folgenden Regelstrecke den Betrag und den Phasenwinkel für  $\omega = 3 \text{ s}^{-1}$ !

$$G_S = \frac{K_S}{(1 + j\omega \cdot T_1) \cdot (1 + j\omega \cdot T_2)} \cdot e^{-j\omega T_t}$$

Zahlenwerte:  $K_S = 2$  ;  $T_1 = 0,5 \text{ s}$  ;  $T_2 = 2 \text{ s}$  ;  $T_t = 0,25 \text{ s}$

Hilfestellungen (in Teilelemente zerlegen):

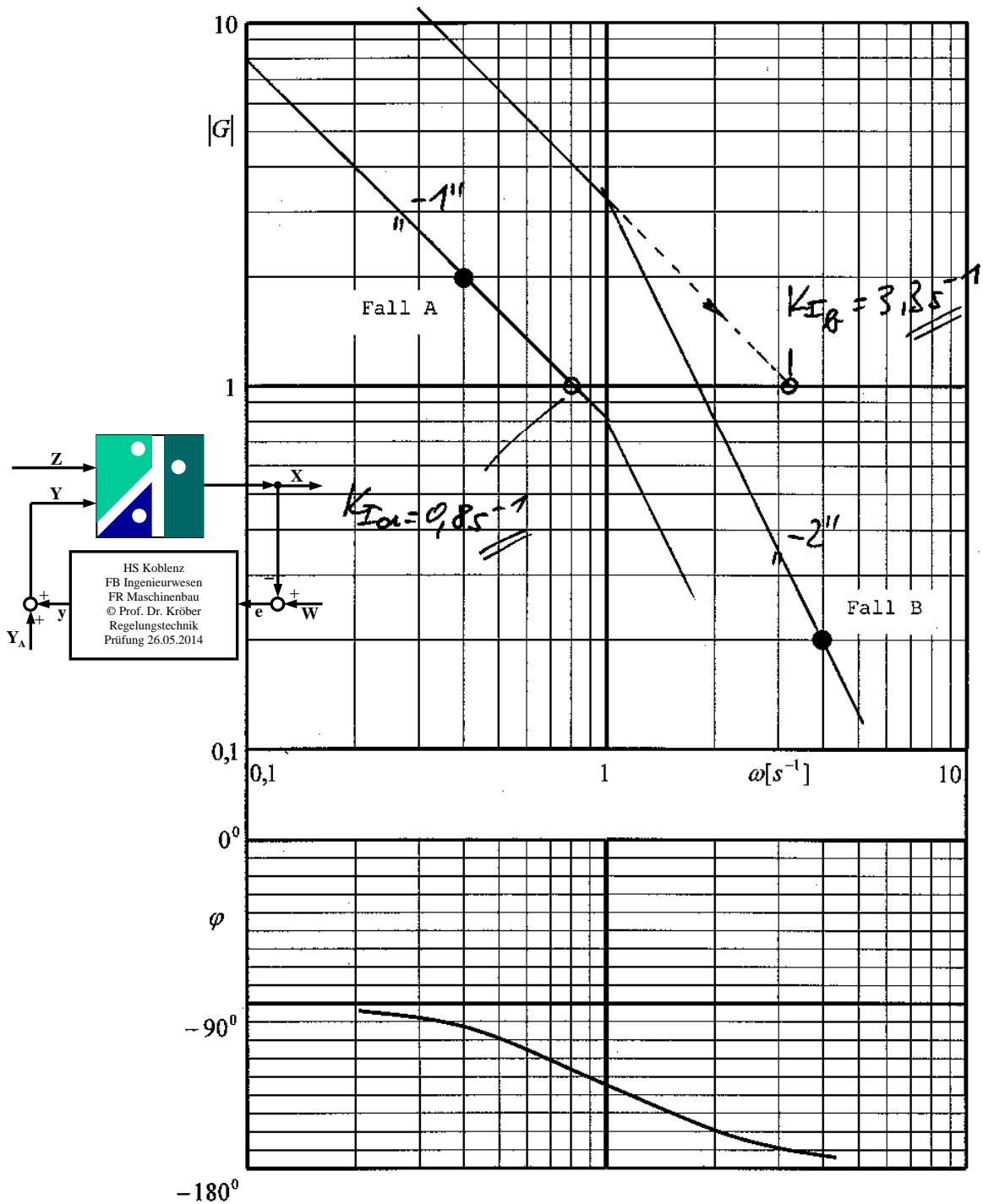
Verzögerungsglied 1. Ordnung:  $|G| = \frac{K}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}}$        $\tan(\varphi) = -\omega \cdot T$

Totzeit:  $\varphi = -\omega \cdot T_t$

Aufgabe 5 ( 12P )

In dem Bode-Diagramm ist der Phasengang eines  $IT_1$ -Gliedes eingetragen. Vom Betrag des Frequenzganges ist nur ein Punkt gegeben.

- Nehmen Sie an, dass nur der eingetragene Punkt "Fall A" gilt. Bestimmen Sie für diesen Fall  $K_I$ !
- Nehmen Sie an, dass nur der eingetragene Punkt "Fall B" gilt. Bestimmen Sie für diesen Fall  $K_I$ !

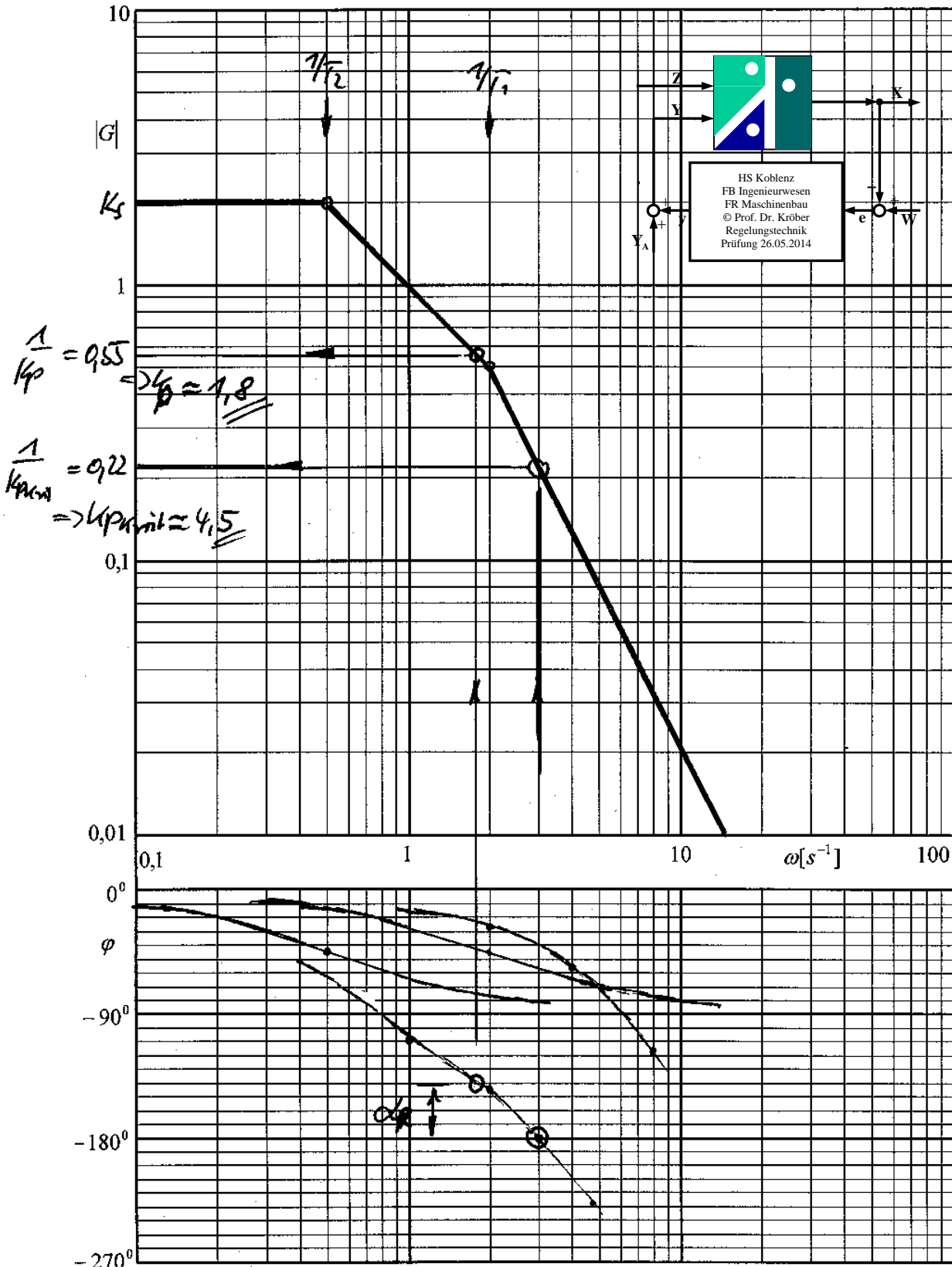


Aufgabe 6 ( 22P )

Die folgende Regelstrecke wird mit einem P-Regler geregelt. Bestimmen Sie  $K_p$  krit sowie  $K_p$  für den Fall, dass die Phasenreserve  $40^\circ$  betragen soll?

$$G_s = \frac{K_s}{(1+j\omega \cdot T_1) \cdot (1+j\omega \cdot T_2)} \cdot e^{-j\omega T_t}$$

Zahlenwerte:  $K_s = 2$  ;  $T_1 = 0,5$  s ;  $T_2 = 2$  s ;  $T_t = 0,25$  s



# Lösungen Prüfung Regelungstechnik 26.05.14

zu 1)  $i_1 + i_2 = 0$

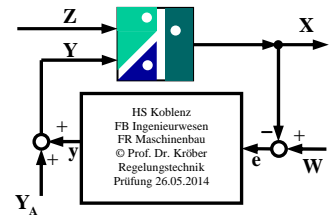
$$\frac{u_e}{R_v} + \frac{-u_o}{R_r + \frac{1}{j\omega C}} = 0 \Rightarrow \frac{u_o}{u_e} = \frac{R_r + \frac{1}{j\omega C}}{R_v} = \underbrace{\frac{R_r}{R_v}}_{K_p} \left( 1 + \frac{1}{j\omega T_n} \right)$$

zu 2)  $K_S = \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \frac{2,95}{2,5} = 1,18$

$$\underline{K_p} = \frac{0,6 \cdot T_g}{K_S \cdot T_n} = \frac{0,6 \cdot 16}{1,18 \cdot 4,5} = \underline{1,81}; \quad \underline{T_n} = \bar{g} = \underline{16s}; \quad \underline{T_v} = 0,5 \cdot \bar{m} = 0,5 \cdot 4,5 = \underline{2,25s}$$

zu 3)  $G_W = \frac{G_r \cdot G_S}{1 + G_r \cdot G_S} = \frac{K_p \left( 1 + \frac{1}{T_n j\omega} \right) \frac{K_S}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}}{1 + K_p \left( 1 + \frac{1}{T_n j\omega} \right) \frac{K_S}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}} \cdot \frac{T_n j\omega (1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}{T_n j\omega (1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}$

$$\begin{aligned} &= \frac{K_p (T_n j\omega + 1) \cdot K_S}{T_n j\omega (1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2) + K_p (T_n j\omega + 1) \cdot K_S} \\ &= \frac{K_p (T_n j\omega + 1) \cdot K_S}{T_n j\omega (1+j\omega(T_1+T_2) + (j\omega)^2 T_1 T_2) + K_p K_S T_n j\omega + K_p K_S} \\ &= \frac{K_p (T_n j\omega + 1) \cdot K_S}{K_p K_S + (j\omega) [K_p K_S T_n + T_n] + (j\omega)^2 [T_n(T_1+T_2)] + (j\omega)^3 T_n T_1 T_2} \end{aligned}$$



$a_0 = K_p K_S; \quad a_1 = T_n (1 + K_p K_S); \quad a_2 = T_n (T_1 + T_2); \quad a_3 = T_n T_1 T_2$

1. Bed.:  $a_i > 0$  erfüllt

2. Bed.:

$$a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$$

$$T_n (1 + K_p K_S) \cdot T_n (T_1 + T_2) > K_p K_S \cdot T_n T_1 T_2 \Rightarrow \underline{\underline{T_n > \frac{K_p K_S}{1 + K_p K_S} \cdot \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}}}$$

zu 4)  $\underline{\underline{|G_S|}} = \frac{K_S}{\sqrt{1 + (\omega T_1)^2} \sqrt{1 + (\omega T_2)^2}} = \frac{2}{\sqrt{1 + (3 \cdot 0,5)^2} \sqrt{1 + (3 \cdot 2)^2}} = \underline{\underline{0,182}}$

$\tan \varphi_1 = -\omega T_1 = -3 \cdot 0,5 = -1,5 \Rightarrow \varphi_1 = -56,310^\circ$

$\tan \varphi_2 = -\omega T_2 = -3 \cdot 2 = -6 \Rightarrow \varphi_2 = -80,538^\circ$

$\varphi_3 = -\omega \cdot T_t = -3 \cdot 0,25 \xrightarrow{\cdot \frac{180}{\pi}} \varphi_3 = -42,972^\circ$

$\underline{\underline{\varphi_{\Sigma}} = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = -56,310^\circ - 80,538^\circ - 42,972^\circ = -179,820^\circ}$