

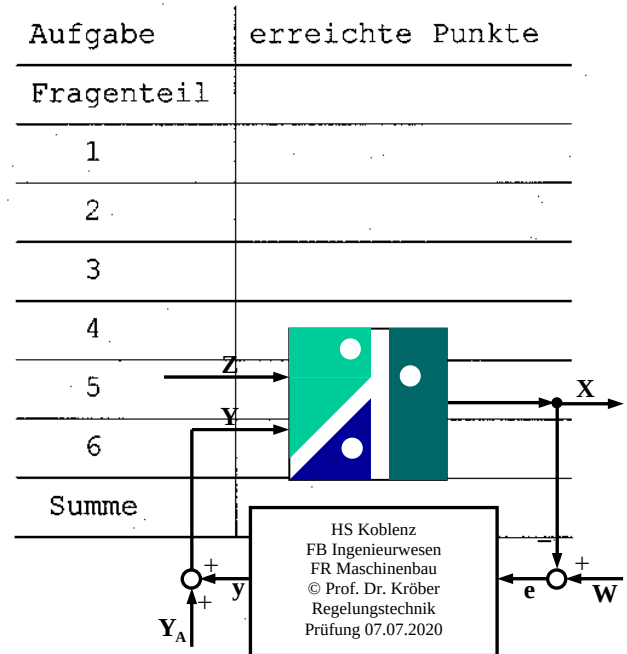
Regelungstechnik SS 2020  
 Prof. Dr. W. Kröber

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 : \_\_\_\_\_

K U R Z F R A G E N :



- Bei Veränderung der Stellgröße wächst die Regelgröße stetig an. Wie lautet die Bezeichnung für das Verhalten dieser Regelstrecke? ( 2P )

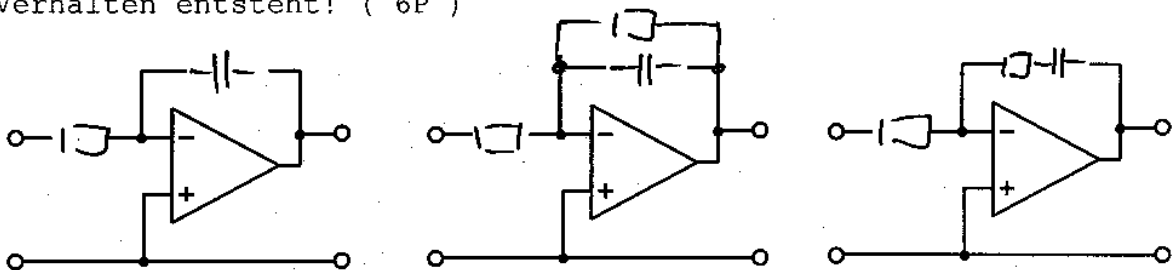
I-Verhalten, Regelstrecke ohne Ausgleich

- Der Einschwingvorgang bei einem Regelkreis wird durch die angegebene homogene Differentialgleichung beschrieben. Welche Ordnung hat das System? ( 2P )

$$x(t) = C_1 \cdot e^{-2t} + e^{2t} \cdot [C_2 \cdot \sin(2t) + C_3 \cdot \cos(2t)]$$

3. Ordnung

- Ergänzen Sie die abgebildeten Schaltungen so, dass das angegebene Verhalten entsteht! ( 6P )



I-Verhalten

PT<sub>1</sub>-Verhalten

PI-Verhalten

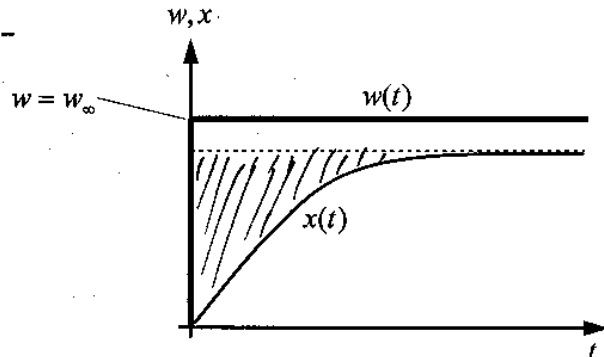
- Beim Eintragen eines PT<sub>1</sub>-Gliedes im Bode-Diagramm werden vereinfacht stets "nur" die Asymptoten eingetragen. Wie groß ist dabei der Fehler bzw. die Abweichung bei der Kreisfrequenz  $\omega = 1/T$ ? ( 2P )

$\sqrt{2}$  bzw.  $1/\sqrt{2}$

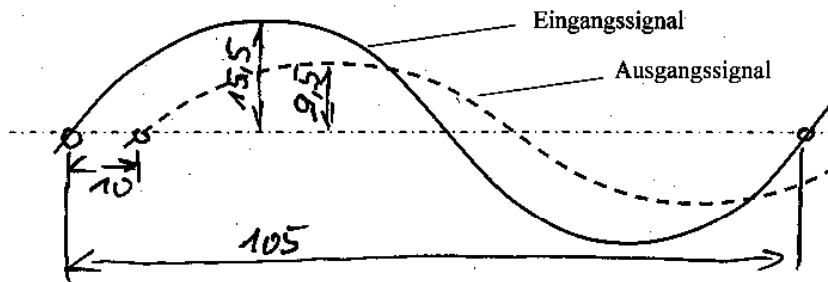
5. Der Satz "Bei einer Regelstrecke ohne Ausgleich lässt sich durch einen D-Regler eine einfache brauchbare Regelung realisieren." ist nicht richtig. Wie muss die richtige Antwort lauten? ( 2P )

P-Regler

6. Schraffieren Sie in dem Signalverlauf  $x(t)$  den Bereich, der durch die homogene Lösung der Differentialgleichung beschrieben wird! ( 2P )



7. Von einem System wurde das Eingangs- und Ausgangssignal aufgezeichnet. Ermitteln Sie  $|G|$  und  $\varphi$ ! ( 4P )



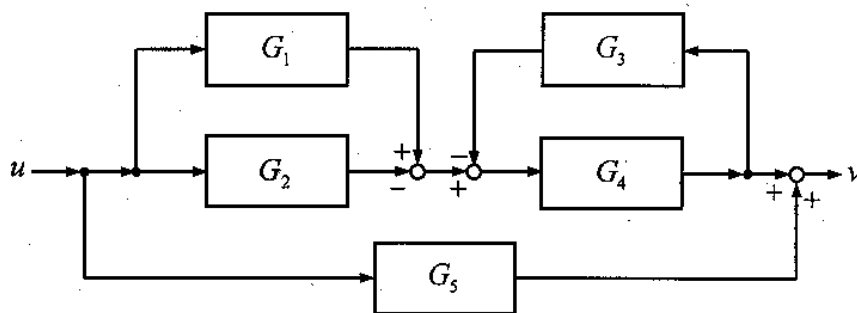
$$|G| = \frac{9,5}{15,5} = 0,6129 \approx 96\%$$

$$\varphi = -\frac{10}{105} \cdot 360^\circ = -34,3^\circ$$

RECHENTEIL :

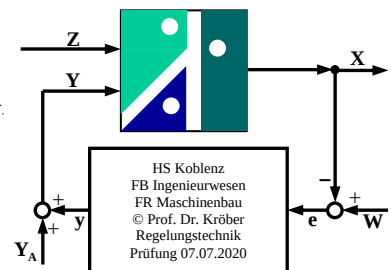
Aufgabe 1 ( 12P )

Bestimmen Sie den Frequenzgang  $G = \frac{v}{u} = f(G_1, G_2, G_3, G_4, G_5)$  des abgebildeten Systems!



$$G_{\text{ges}} = G_5 + \underbrace{(G_1 - G_2)}_{\text{Parallel}} \underbrace{\frac{G_4}{1 + G_3 G_4}}_{\text{Rückkopplung}}$$

Parallel zum „Rest“



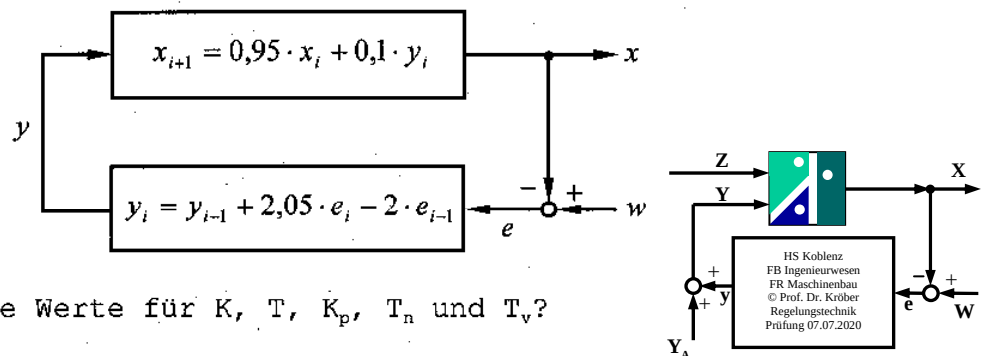
HS Koblenz  
FB Ingenieurwesen  
FR Maschinenbau  
© Prof. Dr. Kröber  
Regelungstechnik  
Prüfung 07.07.2020

Aufgabe 2 ( 14P )

Ein Regelkreis wird durch zwei Rekursionsgleichungen beschrieben. Der verwendete Zeitschritt beträgt  $\Delta t = 0,1$  Sekunden. Bei der Regelstrecke handelt es sich um ein  $PT_1$ -Glieder, der Regler kann allgemein beschrieben werden durch:

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

Hilfestellungen  $PT_1$  :  $v + T \cdot \frac{dv}{dt} = K \cdot u$  bzw.  $v_{i+1} = v_i \cdot \left( 1 - \frac{\Delta t}{T} \right) + u_i \cdot \left( K \cdot \frac{\Delta t}{T} \right)$



Wie groß sind die Werte für  $K$ ,  $T$ ,  $K_p$ ,  $T_n$  und  $T_v$ ?

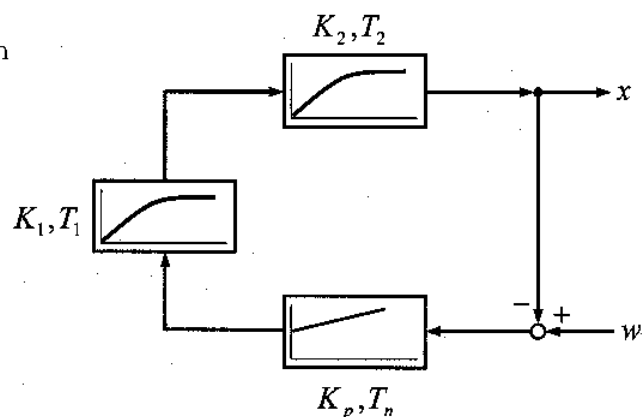
Aufgabe 3 ( 16P )

Die Stabilität des angegebenen Regelkreises soll mit dem Hurwitzverfahren untersucht werden.

Das Ziel ist eine Aussage über die möglichen Einstellwerte von  $T_n$ .

Ziel:  $T_n > \dots$

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



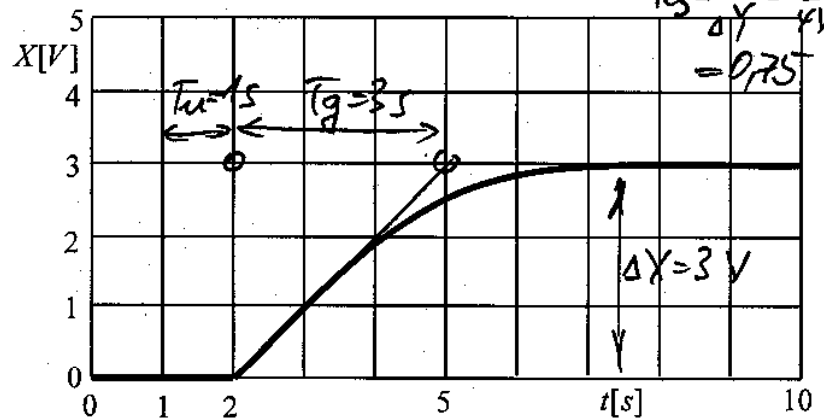
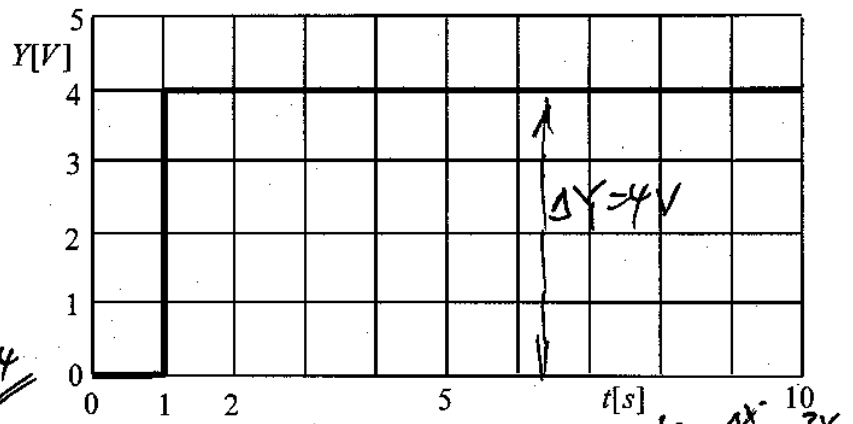
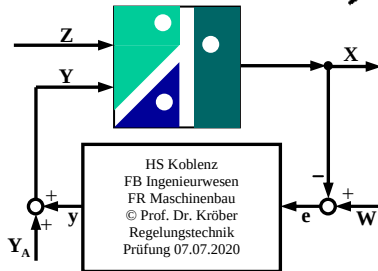
Aufgabe 4 ( 10P )

Die Abbildung zeigt die Sprungantwort einer Regelstrecke. Bestimmen Sie die Reglereinstellung nach der Sprungantwort für einen PID-Regler! Auszug aus den Einstellregeln:

$$K_p = \frac{0,6}{K_s} \cdot \frac{T_g}{T_u} = \frac{0,6}{0,75} \cdot \frac{3s}{1s} = 2,4$$

$$T_n = 1 \cdot T_g = 3s$$

$$T_v = 0,5 \cdot T_u = 0,5 \cdot 1s = 0,5s$$



Aufgabe 5 ( 13P )

Bestimmen Sie von dem angegebenen Frequenzgang  $|G|$  und den Phasenwinkel  $\varphi$  für  $\omega = 0,6 \text{ s}^{-1}$ !

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

Zahlenwerte:  $K_s = 5$ ;  $T_1 = 1 \text{ s}$ ;  $T_2 = 4,0 \text{ s}$ ;  $T_3 = 12,5 \text{ s}$

Hilfestellung  $PT_1$ :

$$G = \frac{K}{1+j\omega T_1} \quad |G| = \frac{K}{\sqrt{1+(\omega T)^2}} \quad \tan \varphi = -\omega T$$

$$|G| = \frac{K_s}{\sqrt{1+(\omega T_1)^2} \sqrt{1+(\omega T_2)^2} \sqrt{1+(\omega T_3)^2}} = \frac{5}{\sqrt{1+(0,6 \cdot 1)^2} \sqrt{1+(0,6 \cdot 4)^2} \sqrt{1+(0,6 \cdot 12,5)^2}}$$

$$= 0,2179$$

$$\tan \varphi_1 = -\omega T_1 = -0,6 \cdot 1 \Rightarrow \varphi_1 = -30,96^\circ$$

$$\tan \varphi_2 = -\omega T_2 = -0,6 \cdot 4 \Rightarrow \varphi_2 = -67,38^\circ$$

$$\tan \varphi_3 = -\omega T_3 = -0,6 \cdot 12,5 \Rightarrow \varphi_3 = -82,41^\circ$$

$$\varphi_{\text{ges}} = \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 = \dots = -180,75^\circ$$

Aufgabe 6 ( 15P )

Der Frequenzgang einer Regelstrecke lautet:  $G_s = \frac{K_s}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)(1+j\omega T_3)}$

Zahlenwerte:

$$K_s = 5$$

$$T_1 = 1 \text{ s}$$

$$T_2 = 4,0 \text{ s}$$

$$T_3 = 12,5 \text{ s}$$

Wie groß muss  $K_p$  (P-Regler) gewählt werden, damit die Amplitudenreserve gerade  $A_R = 4$  beträgt?

Lösung auf diesem Blatt

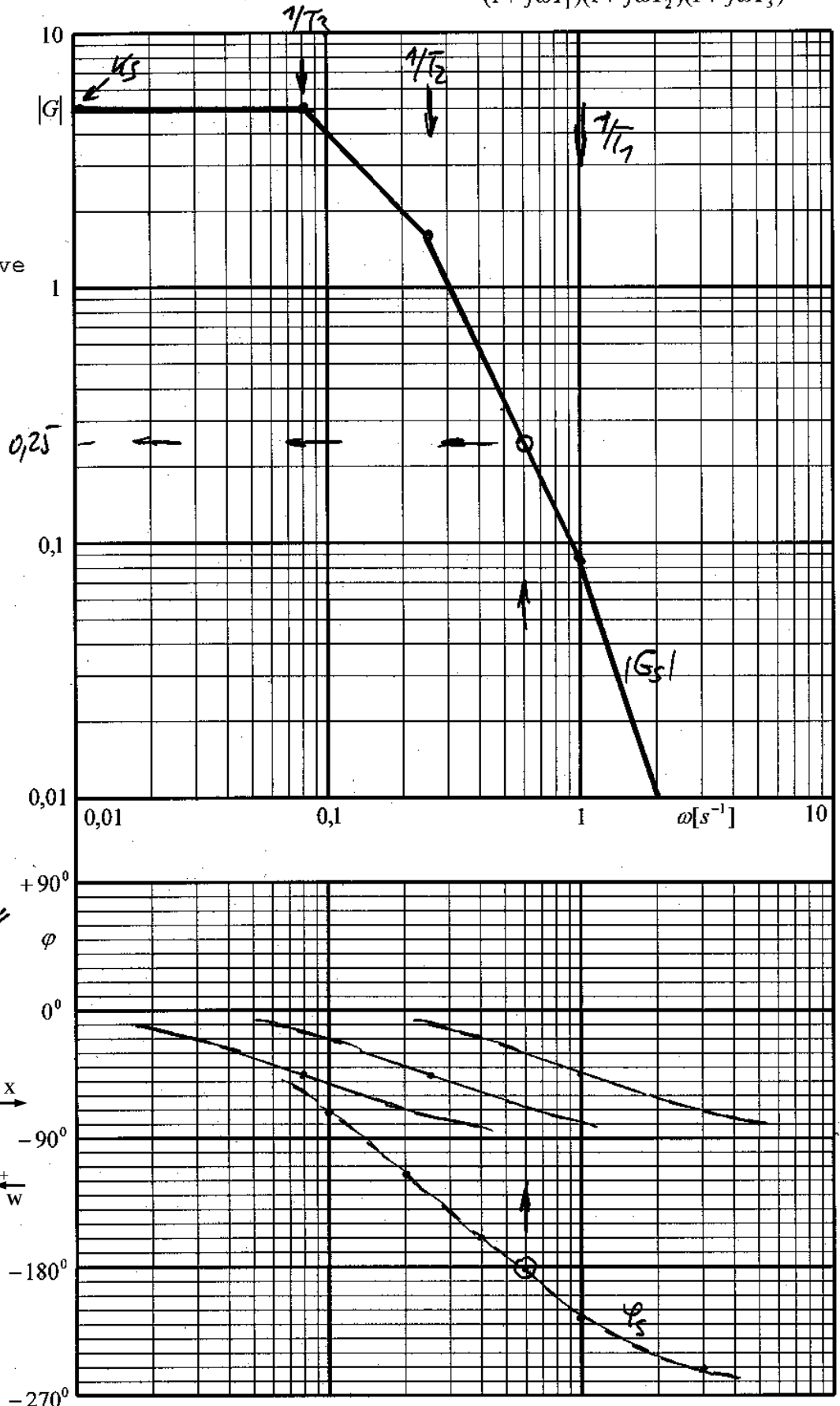
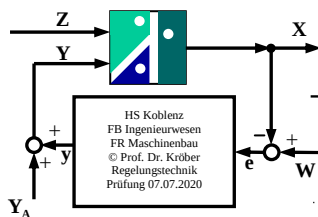
$$\frac{1}{K_{p\text{min}}} = 0,25$$

$$K_{p\text{min}} = 4$$

$$A_R = \frac{K_{p\text{min}}}{K_p}$$

$$K_p = \frac{K_{p\text{min}}}{A_R}$$

$$= \frac{4}{4} = 1$$



# Prüfung Regelungstechnik 07.07.2020

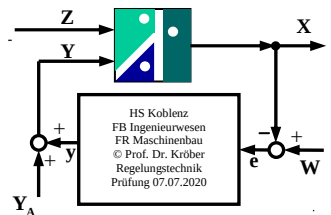
$$m2) 1 - \frac{\Delta t}{T} = 0,95 \Rightarrow \frac{\Delta t}{T} = 0,05 \Rightarrow T = \frac{\Delta t}{0,05} = \frac{0,1s}{0,05} = \underline{\underline{2s}}$$

$$K \cdot \frac{\Delta t}{T} = 0,1 \Rightarrow K = 0,1 \cdot \frac{T}{\Delta t} = 0,1 \cdot \frac{2s}{0,1s} = \underline{\underline{2}}$$

$T_V = 0$  (Methode scharfes Hinschauen)

$$\text{wegen } T_V = 0 \quad -k_p e_{i-1} = -2e_{i-1} \Rightarrow k_p = \underline{\underline{2}}$$

$$k_p \left(1 + \frac{\Delta t}{T_n}\right) = 2,05 \Rightarrow T_n = \underline{\underline{4s}}$$



$$m3) G_w = \frac{k_p \left(1 + \frac{1}{T_n s}\right) \frac{k_1}{1 + j\omega T_1} \frac{k_2}{1 + j\omega T_2}}{1 + k_p \left(1 + \frac{1}{T_n s}\right) \frac{k_1}{1 + j\omega T_1} \frac{k_2}{1 + j\omega T_2}} \cdot \frac{T_n j\omega}{T_n j\omega} \frac{1 + j\omega T_1}{1 + j\omega T_1} \frac{1 + j\omega T_2}{1 + j\omega T_2}$$

$$= \frac{k_p (T_n j\omega + 1) k_1 k_2}{T_n j\omega (1 + j\omega T_1) (1 + j\omega T_2) + k_p (T_n j\omega + 1) k_1 k_2}$$

$$= \frac{000}{T_n(j\omega) [1 + j\omega(T_1 + T_2) + (j\omega)^2 T_1 T_2] + k_p k_1 k_2 (T_n j\omega + 1)}$$

$$G_w = \frac{000}{T_n(j\omega) + (j\omega)^2 T_n(T_1 + T_2) + (j\omega)^3 T_n T_1 T_2 + k_p k_1 k_2 T_n(j\omega) + k_p k_1 k_2}$$

$$a_0 = k_p k_1 k_2$$

$a_i > 0$  erfüllt

$$a_1 = T_n (1 + k_p k_1 k_2)$$

$$a_1 a_2 > a_0 a_3$$

$$a_2 = T_n (T_1 + T_2)$$

$$T_n (1 + k_p k_1 k_2) T_n (T_1 + T_2) > k_p k_1 k_2 T_n T_1 T_2$$

$$a_3 = T_n T_1 T_2$$

$$T_n > \frac{k_p k_1 k_2}{1 + k_p k_1 k_2} \cdot \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}$$