

Regelungstechnik SS 10
 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)

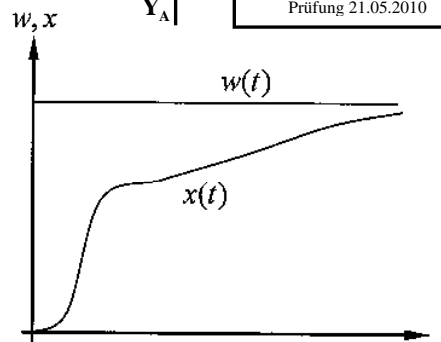
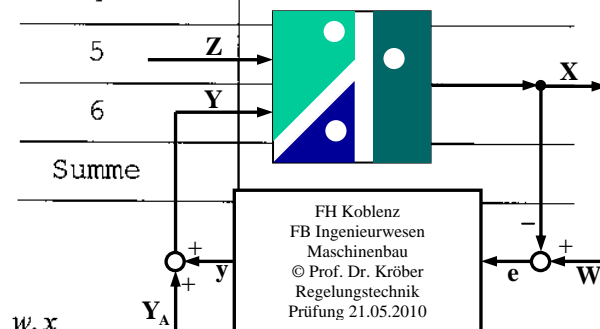
Note : _____

KURZFRAGEN :

1. Die Regelgröße zeigt nach einem Sollwertsprung den folgenden Signalverlauf für die Regelgröße. Der Regler ist nicht optimal eingestellt, das Ausregeln der Regeldifferenz dauert zu lange. Welcher Parameter muss in welche Richtung verstellt werden? (3P)

$T_n \downarrow$

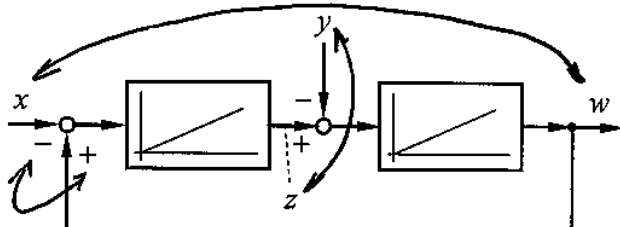
Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	<i>Lösungen</i>
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



2. Bei einer Temperaturregelung beträgt der Sollwert 20°C und der Istwert 21°C. Wie groß ist die Regeldifferenz? (2P)

$e = w - x = 20^\circ\text{C} - 21^\circ\text{C} = -1^\circ\text{C}$

3. In dem Wirkungsplan sind einige prinzipielle Fehler enthalten. Kennzeichnen/Markieren/Korrigieren Sie diese Fehler! (7P)



$2 \cdot \bar{I} \Rightarrow \text{Dauerstrom} = \text{summen}$

4. Der Einschwingvorgang bei einem Regelkreis wird durch folgende homogene Differentialgleichung beschrieben. Weshalb ist der Regelkreis instabil? (2P)

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

positiver Exponent

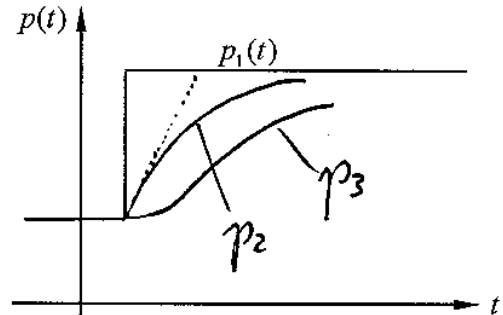
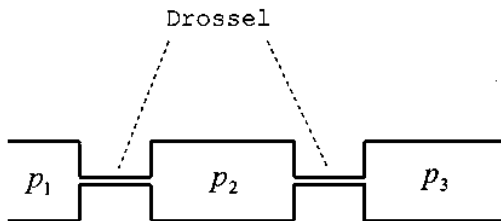
5. Einem geschlossenen wärmedichten Behälter wird elektrische Heizleistung zugeführt. Ziel ist die Temperaturregelung in dem Behälter. Weshalb handelt es sich um eine Regelstrecke ohne Ausgleich? (3P)

$P_{\text{Heiz}} = m \cdot c \frac{d\theta}{dt}$; wenn $P_{\text{Heiz}} > 0$ nimmt θ ständig zu

6. Bei der Reglereinstellung nach der Sprungantwort wird unterschieden nach der Fallgruppe (Spalte) "Störung" oder "Führung". Begründen Sie die Zuordnung zu "Störung" oder "Führung" für den Fall einer Geschwindigkeitsregelung bei einem PKW (sogenannter Tempomat) (3P)

Störung: muss Fahrbahnsteigung (Gefälle) ausgleichen

7. In einem Pneumatiksystem sind zwei Drosseln und zwei Speicher in Reihe geschaltet. Der Druck p_1 ändert sich sprunghaft. Ergänzen Sie die Druckverläufe für p_2 und p_3 ! (4P)

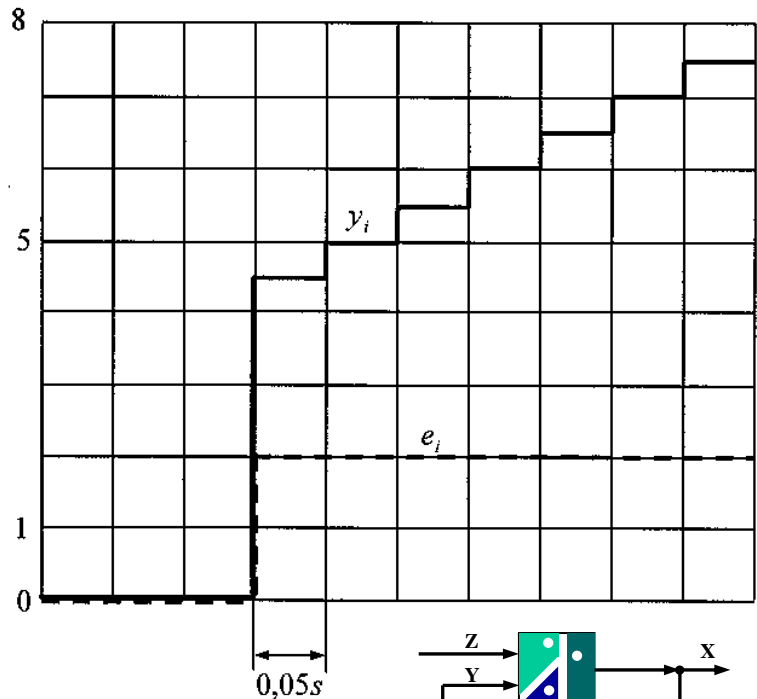


RECHENTEIL :

Aufgabe 1 (18P)

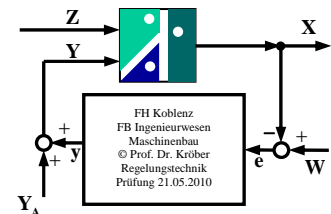
Von einem digitalen Regler werden die Eingangs- und Ausgangsgrößen gemessen (Sprungantwort).

Bestimmen Sie durch Einsetzen geeigneter Werte in die unten angegebene Formel die eingestellten Werte für K_p , T_n und T_v !



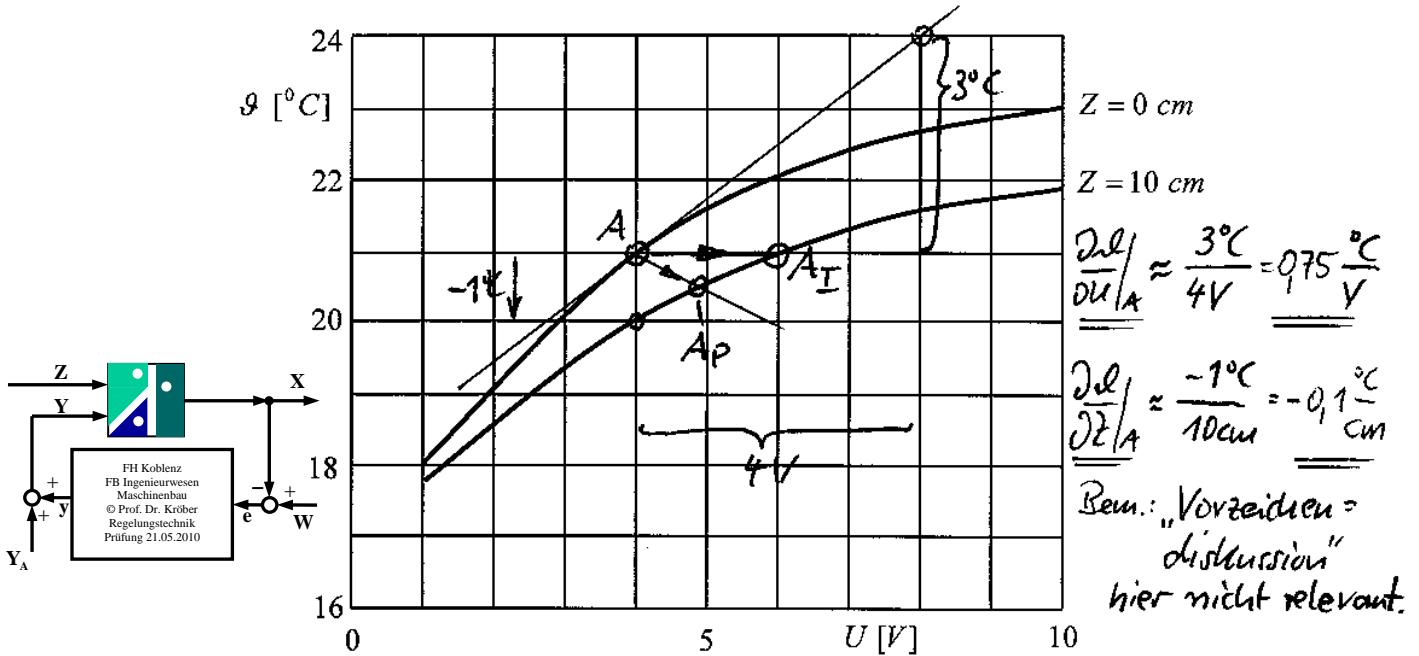
Rekursionsformel:

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



Aufgabe 2 (14P)

Die Abbildung zeigt eine zu regelnde Raumtemperatur ϑ in Abhängigkeit der Stellgröße U (Stellspannung zwischen 0 und 10 V) und einer Störgröße Z (Fensteröffnung in [cm]).



- Das System wird gesteuert im Arbeitspunkt A ($U=4\text{V}$; $Z=0\text{cm}$) betrieben. Bestimmen Sie die Größen $\frac{\partial \vartheta}{\partial U}|_A$ sowie $\frac{\partial \vartheta}{\partial Z}|_A$!
- Das System wird zunächst in dem in a. genannten Arbeitspunkt betrieben. Dann ändert sich die Störgröße auf $Z=10\text{cm}$. Welcher neue Arbeitspunkt stellt sich ein, falls das System mit einem I-Regler betrieben wird? $U=6\text{V}$; $\vartheta=21^\circ\text{C}$
- Das System wird zunächst wieder in dem in a. genannten Arbeitspunkt betrieben. Dann ändert sich die Störgröße wieder auf $Z=10\text{cm}$. Welcher neue Arbeitspunkt stellt sich ein, falls das System mit einem P-Regler betrieben wird? Hierbei ist die Verstärkung des P-Reglers so eingestellt, dass die Stellspannung pro Grad Temperaturänderung um 2 V verändert wird. Steigung $-\frac{1^\circ\text{C}}{2\text{V}} \Rightarrow U \approx 4,9\text{V}$; $\vartheta \approx 20,5^\circ\text{C}$

Aufgabe 3 (12P)

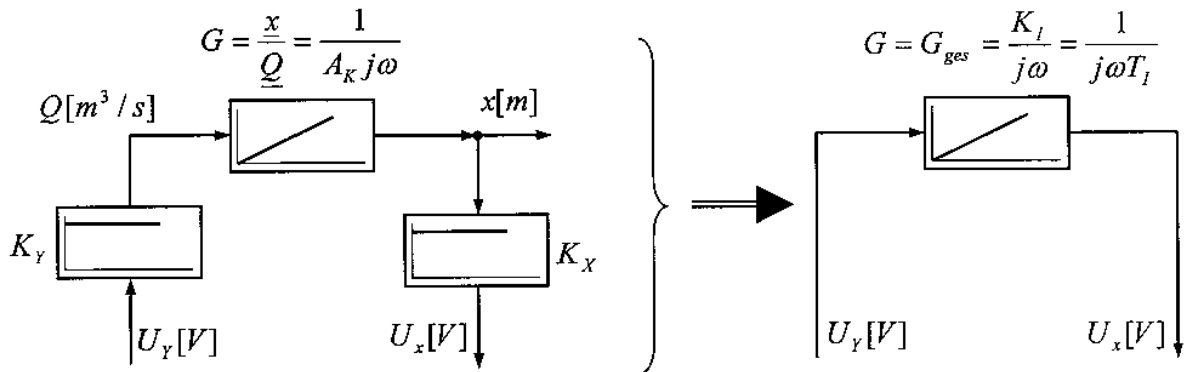
Im Versuch 2 des Labors Regelungstechnik wird von der untenstehenden Regelstrecke experimentell der Frequenzgang untersucht und im Bode-Diagramm eingetragen. Als Regler wird ein I-Regler verwendet.

$$G_S = \frac{\omega_0^2}{(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2} \quad G_R = \frac{K_I}{j\omega}$$

Gemäß der Versuchsanleitung liegt die Stabilitätsgrenze vor für $K_I = K_{I\text{krit}} = 2\delta$. Weisen Sie diese Aussage unter Anwendung des Hurwitz-Verfahrens nach! Hinweis: $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$

Aufgabe 4 (18P)

Im Labor der Regelungstechnik (Versuch 4) wird eine hydraulische Positionsregelung untersucht. Gegenstand der folgenden Betrachtung ist das Verhalten der Regelstrecke als offene Wirkungskette.



Zahlenwerte für die Rechnung:

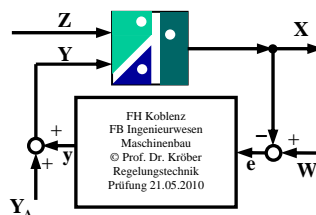
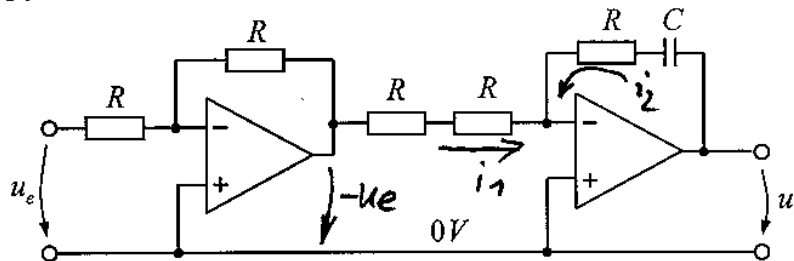
$$K_Y = 5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{V}}; \quad A_K = 5 \cdot 10^{-4} \text{m}^2; \quad K_X = 50 \text{V/m}$$

Im betrachteten Fall fährt der Zylinder mit einer Geschwindigkeit von 0,06 m/s. Der Flächenanteil der Kolbenstange bleibt unberücksichtigt.

- Wie groß ist der Volumenstrom Q und die Stellgröße U_Y ?
- Um welchen Wert ändert sich die Ausgangsspannung U_x , wenn die Positionsänderung 0,12 m beträgt?
- Bestimmen Sie die den Parameter K_I sowie die Integrierzeit T_I !

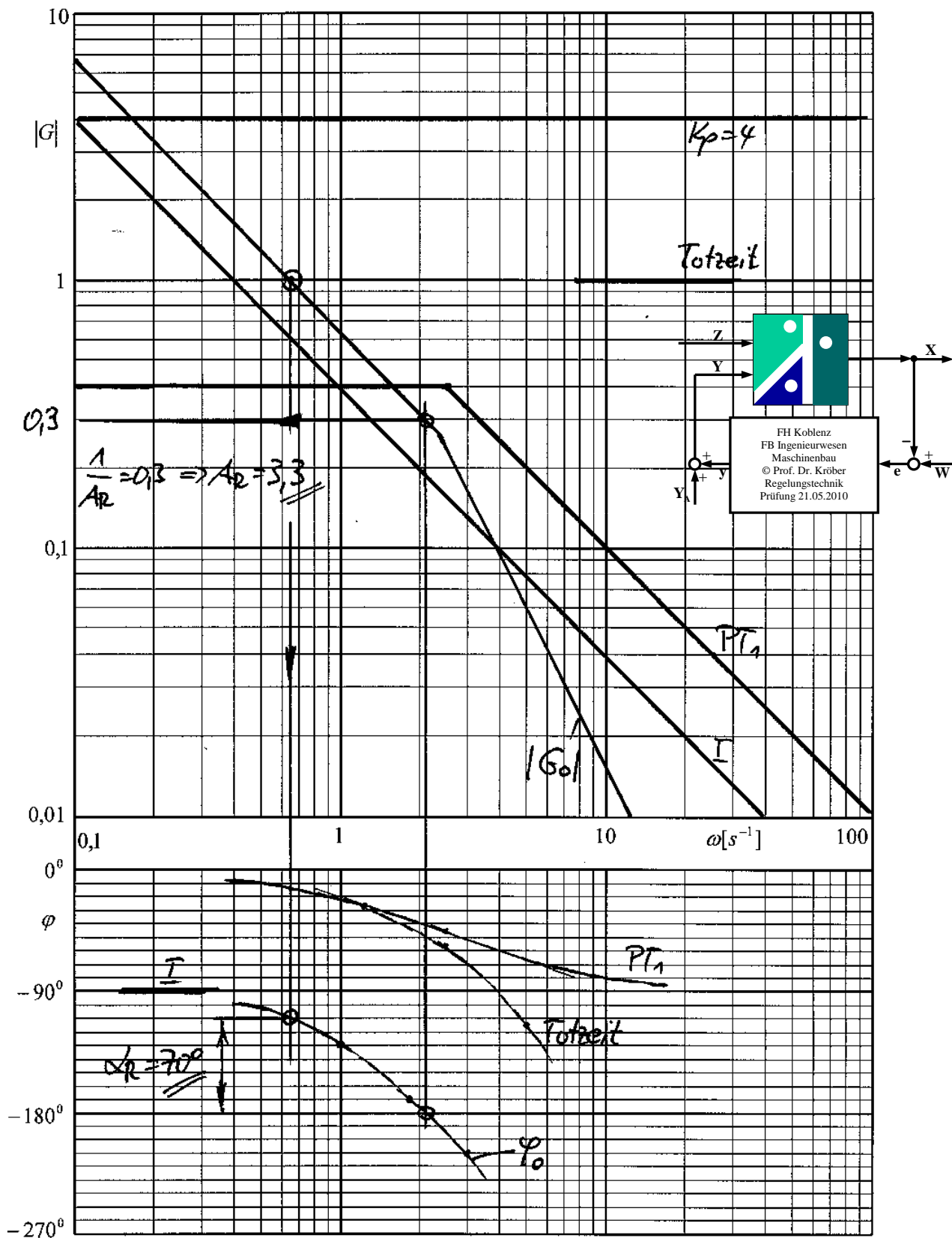
Aufgabe 5 (12P)

Die Schaltung zeigt die Realisierung eines elektronischen Reglers. Wie groß sind die Parameter K_p , T_n und (eventuell auch) T_v in Abhängigkeit von R und C ?



Aufgabe 6 (22P)

Eine Regelstrecke besteht aus einer Reihenschaltung von einem PT_1 -Element ($K=0,4$; $T=0,4s$), einem I-Glied ($K_I=0,4s^{-1}$) und einer Totzeit ($K=1$; $T=0,4s$). Als Regler wird ein P-Regler mit $K_p=4$ verwendet. Konstruieren Sie im Bode-Diagramm den Frequenzgang des offenen Regelkreises und bestimmen Sie die Amplituden- und Phasenreserve!



Lösung Prüfung Regelungstechnik 21.05.10 Blatt 1

zu 1) Methode scharfes Hinsehen $T_v = 0$

ferner Abtastzeit $T = 0,05s$

$$y_i = y_{i-1} + k_p \left(1 + \frac{1}{T_n}\right) e_i - k_p \cdot e_{i-1}$$

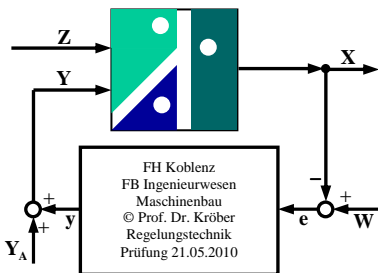
$$4,5 = 0 + \alpha \cdot 2 - k_p \cdot 0 \Rightarrow \alpha = \frac{4,5}{2} = 2,25$$

$$5 = 4,5 + \alpha \cdot 2 - k_p \cdot 2 \Rightarrow \underline{\underline{k_p = \frac{4,5 + 2,25 \cdot 2 - 5}{2} = 2}}$$

$$\alpha = 2,25 = k_p \left(1 + \frac{T}{T_n}\right) \Rightarrow \frac{T}{T_n} = \frac{2,25}{2} - 1 = 0,125$$

$$\underline{\underline{T_n = \frac{T}{0,125} = \frac{0,05s}{0,125} = 0,4s}}$$

$$\text{zu 3) } G_W = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S} = \frac{\frac{k_I}{j\omega} \frac{\omega_0^2}{(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2}}{1 + \frac{k_I}{j\omega} \frac{\omega_0^2}{(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2}} \cdot \frac{j\omega [(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2]}{j\omega [(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2]}$$



$$= \frac{k_I \omega_0^2}{j\omega [(j\omega)^2 + 2\delta(j\omega) + \omega_0^2] + k_I \omega_0^2}$$

$$= \frac{k_I \omega_0^2}{(j\omega)^3 + 2\delta(j\omega)^2 + \omega_0^2(j\omega) + k_I \omega_0^2}$$

$$a_0 = k_I \omega_0^2; a_1 = \omega_0^2; a_2 = 2\delta; a_3 = 1$$

1. Bed.: $a_i > 0 \Rightarrow$ erfüllt

2. Bed.: $a_1 a_2 > a_0 a_3$

$$\omega_0^2 \cdot 2\delta > k_I \omega_0^2 \cdot 1$$

$$\underline{\underline{k_I < 2\delta}}$$

$$\underline{\underline{k_{I\max}}}$$

Lösung Prüfung Regelungstechnik 21.05.10 Blatt 2

zu 4.a) $Q = A_k \cdot \dot{x}$

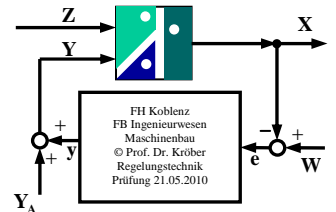
$$= 5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,06 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (\hat{=} 1,8 \frac{\text{Ltr}}{\text{min}})$$

$$K_y = \frac{Q}{u_y} \Rightarrow \underline{u_y} = \frac{Q}{K_y} = \frac{3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{V}}}{5 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{V}}} = \underline{6,0 \text{ V}}$$

b) $K_x = \frac{\Delta u_x}{\Delta x} \Rightarrow \underline{\Delta u_x} = K_x \cdot \Delta x = 50 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot 0,12 \text{ m} = \underline{6,0 \text{ V}}$

c) $\underline{K_I} = \frac{K_y \cdot K_x}{A_k} = \frac{5 \cdot 10^{-6} \cdot 50}{5 \cdot 10^{-4}} \frac{1}{\text{s}} = \underline{0,5 \text{ s}^{-1}}$

$$\underline{T_I} = \frac{1}{K_I} = \frac{1}{0,5 \text{ s}^{-1}} = \underline{2 \text{ s}}$$



zu 5) $i_1 + i_2 = 0$ (siehe Aufgabenstellung)

$$-\frac{u_e}{2R} + \frac{u_a}{R + \frac{1}{j\omega C}} = 0$$

$$\frac{u_a}{u_e} = \frac{R + \frac{1}{j\omega C}}{2R} = \underbrace{\frac{R}{2R}}_{K_p} \left(1 + \frac{1}{j\omega RC} \right)$$

$$\underline{K_p = \frac{1}{2}} \quad ; \quad \underline{T_u = R \cdot C} \quad ; \quad (T_v = 0)$$