

Regelungstechnik SS 08
 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 :

1. Der Druck im Druckstutzen einer Pumpe hängt von der Drehzahl des Antriebsmotors und der Öffnung einer Drosselklappe ab. Ein Versuch ergab die folgenden Messwerte:

Arbeitspunkt Y	n		
	1400 1/min	1500 1/min	1600 1/min
40 %	3,4 bar	4,0 bar	4,7 bar
50 %	3,2 bar	3,8 bar	4,5 bar
60 %	2,9 bar	3,5 bar	4,3 bar

Das Verhalten kann beschrieben werden durch folgenden linearen Ansatz:

$$(p - p_{\text{Arbeitspunkt}}) = K_n \cdot (n - n_{\text{Arbeitspunkt}}) + K_{\%} \cdot (Y - Y_{\text{Arbeitspunkt}})$$

Bestimmen Sie K_n und $K_{\%}$!

Hilfestellung: $\frac{\partial v}{\partial u} \approx \frac{\Delta v}{\Delta u}$

(5 P)

$$K_n = \frac{(4,5 - 3,2) \text{ bar}}{(1600 - 1400) 1/\text{min}} = 6,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{bar}}{1/\text{min}}$$

$$K_{\%} = \frac{(3,5 - 4,0) \text{ bar}}{(60 - 40) \%} = -0,025 \frac{\text{bar}}{\%}$$

** mit Betrag weiterrechnen, im Ansatz mit Minuszeichen einführen*

2. Ein Regelkreis soll keine bleibende Regeldifferenz haben. Welches Reglerverhalten ist im einfachsten Fall vorzusehen?

Fall A: Regelstrecke mit Ausgleich \rightarrow I - Regler

Fall B: Regelstrecke ohne Ausgleich \rightarrow P - Regler

(3 P)

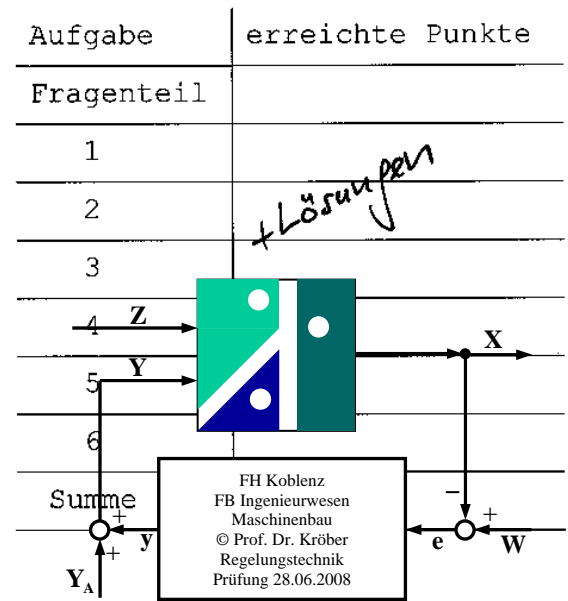
3. Was versteht man unter dem Frequenzgang des offenen Regelkreises?

(2 P)

Reihenschaltung aller Elemente im Regelkreis ($G_0 = G_S \cdot G_R$)

4. Die Strömungsgeschwindigkeit in einer Rohrströmung beträgt 3 m/s (Temperaturregelung). Der Abstand vom Stellgerät bis zum Messsensor beträgt 6m. Wie groß ist die Totzeit? (2 P)

$$\frac{6\text{m}}{3\text{m/s}} = 2\text{s}$$



5. Nennen Sie je ein Beispiel für ein DT_1 -Element und ein PT_1 -Element! (3P)

Hochpass Tiefpass

6. Wie groß muss der Dämpfungsgrad eines PT_2 -Elementes sein, damit das Ausgangssignal bei sprunghörmiger Veränderung der Eingangsgröße nicht überschwingt? (1P)

$\lambda = \xi/\omega_0 \geq 1$

Ein Regelkreis wird durch ein PT_2 -Element beschrieben. Wie groß ist der Dämpfungsgrad beim Betrieb an der Stabilitätsgrenze? (2P)

$\lambda = \xi/\omega_0 = 0$

7. Bei welcher Regelung wird ein unterlagerter Regelkreis (Hilfsregelkreis) angewendet? (2P)

Kaskadenregelung

RECHENTEIL :

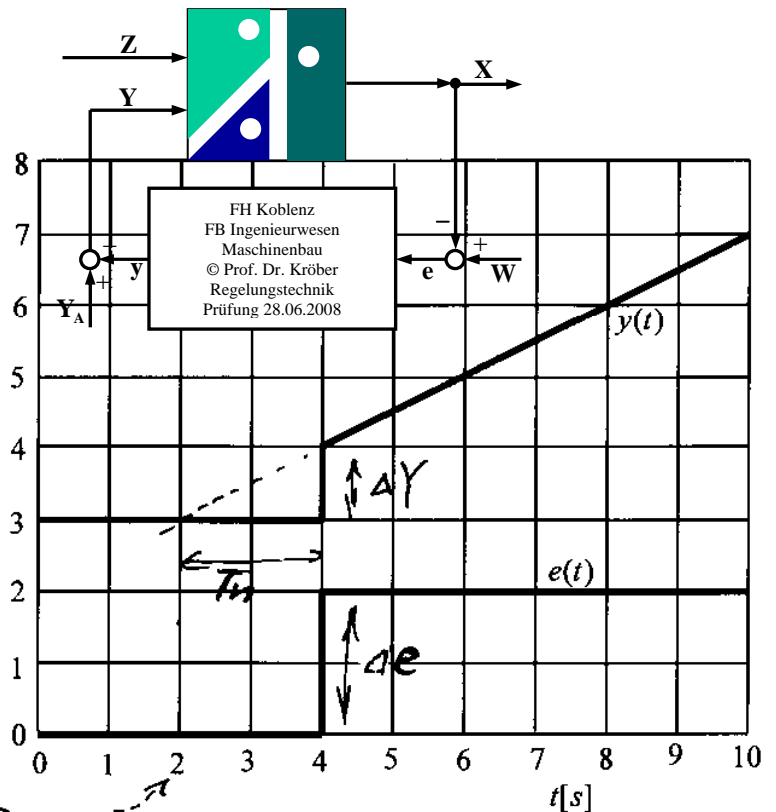
Aufgabe 1 (9P)

Die Graphik zeigt die Sprungantwort eines PID-Reglers.

- a. Wie groß sind die Parameter K_P , T_n , K_I , T_V und K_D ?
- b. Die Stellgröße y setzt sich additiv aus den drei folgenden Anteilen zusammen:

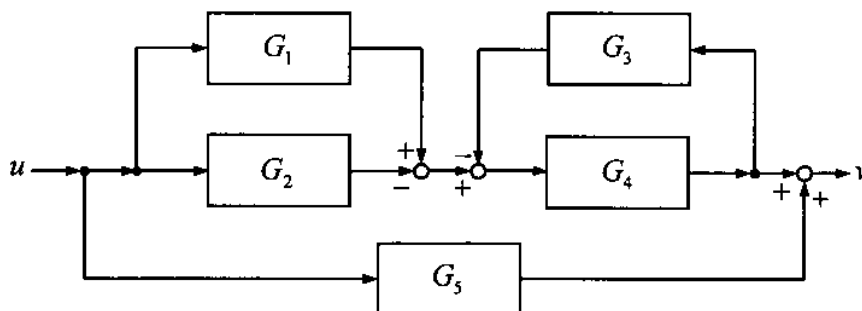
$y = y_P + y_I + y_D$

Wie groß sind diese drei Anteile ($y_P = ?$; $y_I = ?$; $y_D = ?$) zum Zeitpunkt $t=2s$?



Aufgabe 2 (8P)

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



Aufgabe 3 (20P)

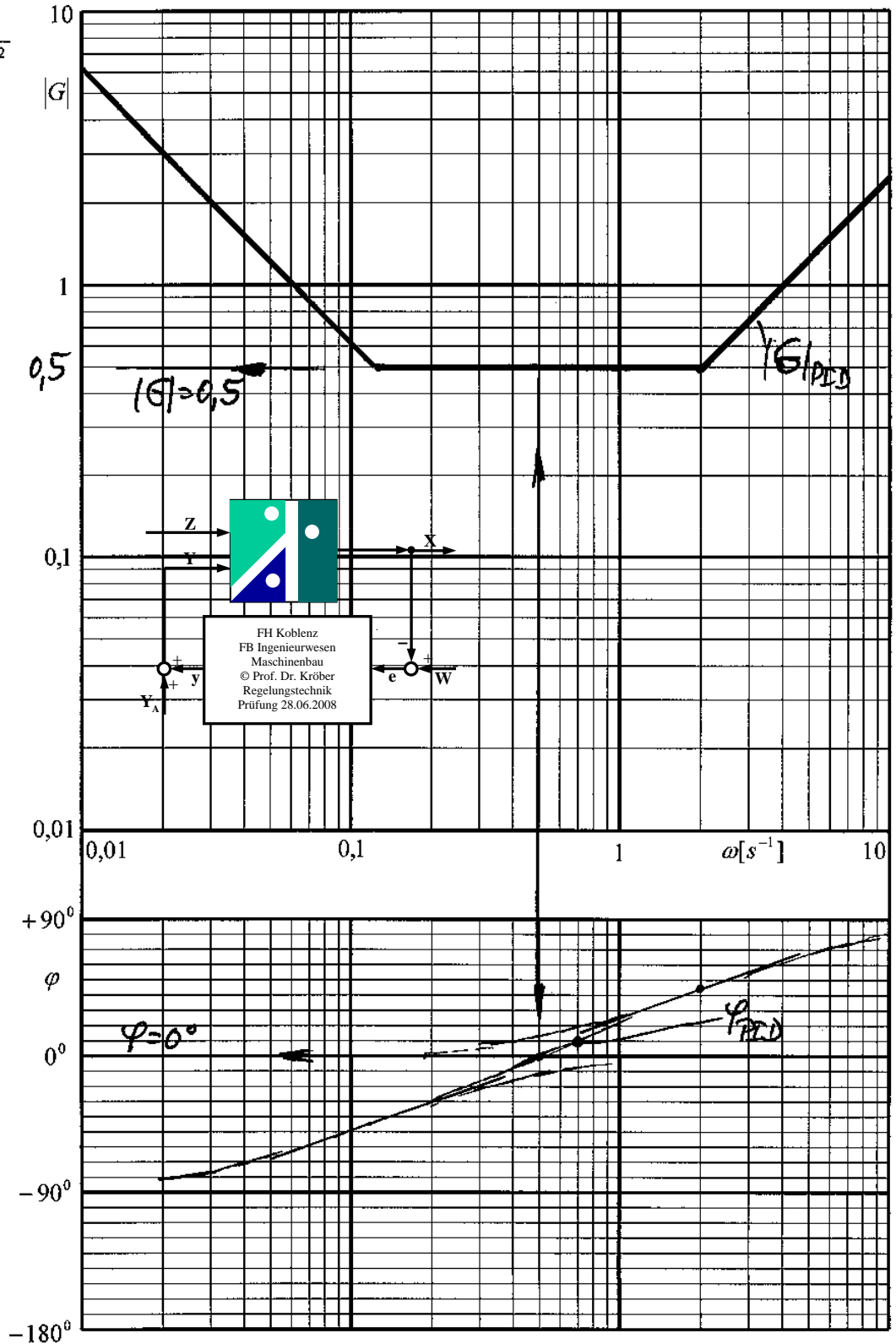
Tragen Sie den Frequenzgang des folgenden Übertragungselementes ins Bode-Diagramm ein und ermitteln Sie den Betrag und den Phasenwinkel für $\omega = 0,5s^{-1}$ (graphische und rechnerische Lösung)!

$$y = K_p \left(e + \frac{1}{T_n} \int e \cdot dt + T_v \cdot \frac{de}{dt} \right) \quad K_p = 0,5; T_n = 8s; T_v = 0,5s$$

Hinweise:

$$|G| = \sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2}$$

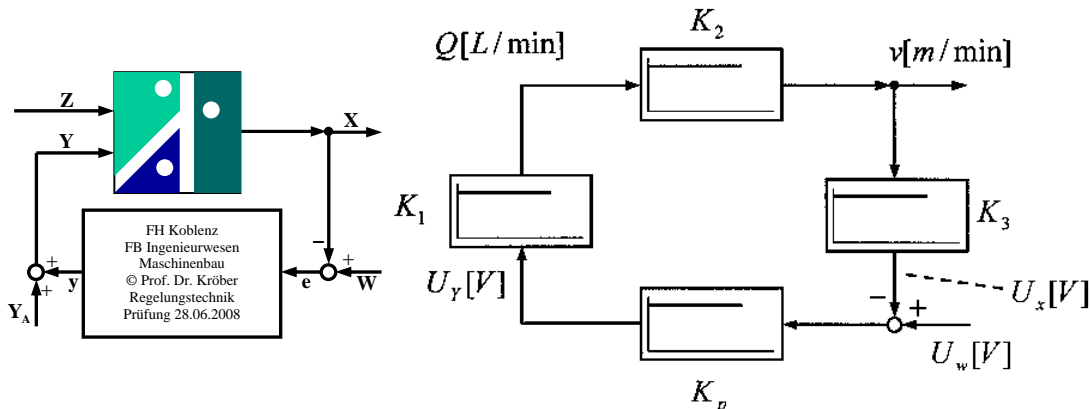
$$\tan(\varphi) = \frac{\text{Im}}{\text{Re}}$$



Aufgabe 4 (18P)

Die Geschwindigkeit v eines Hydraulikzylinders soll mit einem Proportionalventil geregelt werden. Hier wird nur das statische Verhalten untersucht.

Wird die Stellgröße (Spannung U_Y) um 1 Volt erhöht, dann steigt der Volumenstrom Q um 0,4 L/min. Die Kolbenfläche des Hydraulikzylinders beträgt 4 cm². Das Geschwindigkeitsmesssystem ist so ausgelegt, dass bei einer Ausfahrgeschwindigkeit des Kolbens von 10 m/min eine Ausgangsspannung $U_X=10V$ entsteht.



- Bestimmen Sie K_1 , K_2 und K_3 !
- Wie groß muss K_p gewählt werden, damit die Kreisverstärkung gleich 4 ist?

Aufgabe 5 (11P)

Die angegebene Regelstrecke wird mit einem P-Regler betrieben. Ermitteln Sie $K_{p\text{krit}}$ mit dem Hurwitzverfahren (formelmäßige Lösung)!

$$G_S = \frac{K_I}{j\omega \cdot (1 + j\omega T)^2}$$

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

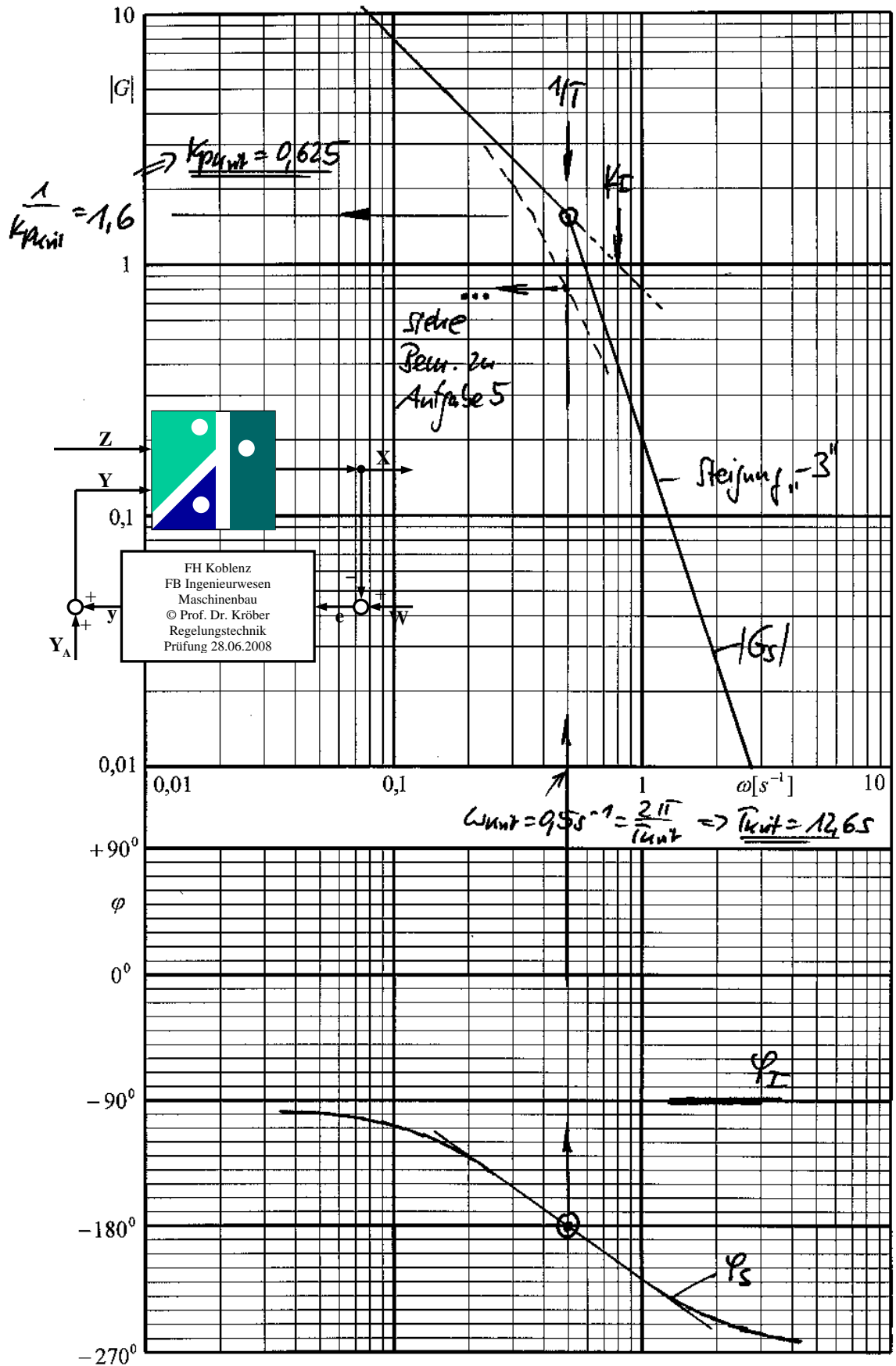
Aufgabe 6 (14P)

Von einer Regelstrecke ist der folgende Frequenzgang gegeben.

$$G_S = \frac{K_I}{j\omega \cdot (1 + j\omega T)^2} \quad \text{Zahlenwerte: } K_I = 0,8s^{-1}; T = 2s$$

- Stellen Sie den Frequenzgang im Bode-Diagramm dar (Bode-Diagramm auf der nächsten Seite)!
Hinweis: Bei $|G|$ reicht das Arbeiten mit den Asymptoten.
- Diese Regelstrecke wird mit einem P-Regler betrieben. Dabei wird K_p so weit erhöht, bis sich die Stabilitätsgrenze einstellt. Wie groß ist der Einstellwert für K_p und wie groß ist die Periodendauer der sich einstellenden Schwingung?

hier graphische Lösung zu Aufgabe 6:



Lösungen Prüfung Regelungstechnik 28.06.08 / Blatt 1

zu 1) aus Skizze: $\underline{T_n = 2s}$

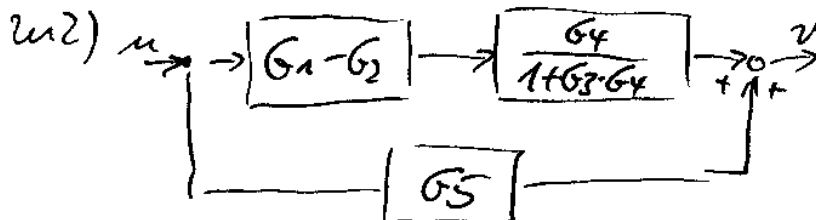
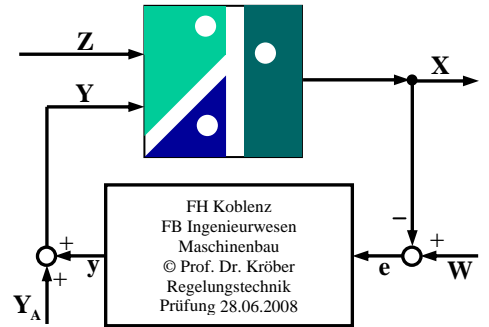
$$\underline{k_p = \frac{\Delta Y}{\Delta e} = \frac{1}{2} = 0,5} \quad ; \quad \underline{k_I = \frac{k_p}{T_n} = \frac{0,5}{2s} = 0,25s}$$

Kein D-Anteil $\rightarrow \underline{T_v = 0} \quad ; \quad \underline{k_D = 0}$

b) $y_p = 0$ (weil $e = 0$)

$y_D = 0$ (weil $\dot{e} = 0$)

$y_I = 3$ (Integrationskonstante)



$$\underline{G_{ges} = G_5 + (G_1 - G_2) \cdot \frac{G_4}{1 + G_3 \cdot G_4}}$$

zu 3) $G = k_p \left(1 + \frac{1}{T_n j\omega} \cdot j + j\omega T_v \right)$

$$= k_p \left[1 + j \left(\omega T_v - \frac{1}{T_n \omega} \right) \right]$$

$$\underline{|G| = k_p \sqrt{1 + \left(\omega T_v - \frac{1}{T_n \omega} \right)^2}} = 0,5 \sqrt{1 + \left(0,5 \cdot 0,5 - \frac{1}{8 \cdot 0,5} \right)^2} = \underline{0,5}$$

$$\tan \varphi = \frac{\omega T_v - \frac{1}{T_n \omega}}{1} = \omega T_v - \frac{1}{T_n \omega} = \dots = 0 \Rightarrow \underline{\varphi = 0^\circ}$$

zu 4) $\underline{k_1 = \frac{\Delta \varphi}{\Delta y} = \frac{0,4 \text{ l/min}}{1 \text{ V}} = 0,4 \frac{\text{l/min}}{\text{V}} = 0,4 \cdot \frac{1}{60000} \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{V}} = \underline{6,6 \dots \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{V}}}$

$$Q = A_k \cdot v$$

$$\underline{\frac{v}{Q} = \frac{1}{A_k} = k_2 = \frac{1}{4 \text{ cm}^2} = \frac{1}{4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = \underline{2500 \frac{\text{m/s}}{\text{m}^3/\text{s}}}}$$

$$\underline{k_3 = \frac{2ix}{v} = \frac{10 \text{ V}}{10 \text{ m/min}} = \underline{1 \frac{\text{V}}{\text{m/min}} = 60 \frac{\text{V}}{\text{m/s}}}$$

Lösungen Prüfung Regelungstechnik 28.06.08 Blatt 2

auch noch zu 4)

$$K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_p = 4$$

$$K_p = \frac{4}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3} = \frac{4}{6,6 \dots \frac{\text{m/s}}{\text{V}} \cdot 2500 \frac{\text{m/s}}{\text{m/s}} \cdot 60 \frac{\text{V}}{\text{m/s}}}$$

$$= 4 \quad (K_p = 4 \frac{\text{V}}{\text{V}})$$

$$\text{zu 5) } \underline{\underline{G_w}} = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S} = \frac{K_p \cdot \frac{K_E}{j\omega(1+j\omega T)^2}}{1 + K_p \frac{K_E}{j\omega(1+j\omega T)^2}} \cdot \frac{j\omega(1+j\omega T)^2}{j\omega(1+j\omega T)^2}$$

$$= \frac{K_p \cdot K_E}{j\omega(1+j\omega T)^2 + K_p K_E} = \frac{K_p \cdot K_E}{j\omega + 2(j\omega)^2 T + (j\omega)^3 T^2 + K_p K_E}$$

$$a_0 = K_p \cdot K_E; \quad a_1 = 1; \quad a_2 = 2T; \quad a_3 = T^2$$

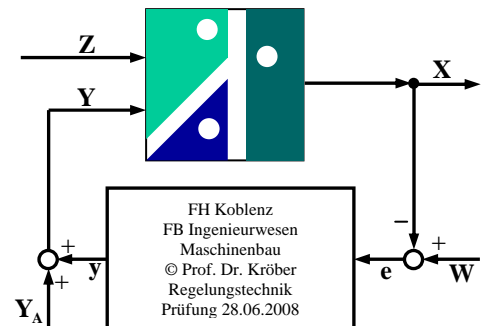
1. Bed. $a_i > 0 \Rightarrow$ erfüllt

2. Bed.:

$$a_1 a_2 > a_0 a_3$$

$$1 \cdot 2T > K_p K_E \cdot T^2$$

$$\underline{\underline{K_p < \frac{2}{K_E \cdot T} = K_{p\text{unit}}}}$$



Zusatz: Zahlenwerte zu Aufgabe 6

$$K_{p\text{unit}} = \frac{2}{0,8 \text{ s}^{-1} \cdot 2 \text{ s}} = 1,25$$

Bem.: Faktor 2 = $\sqrt{2} \cdot \sqrt{2}$, weil mit Asymptoten in graph. Lösung gearbeitet

$$\text{Amplitudenfehler bei } \omega = \frac{1}{T} \quad |G| = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (PT_1)$$

$$2 \cdot PT_1 = PT_2 \quad (\sqrt{2}^2 = 2)$$