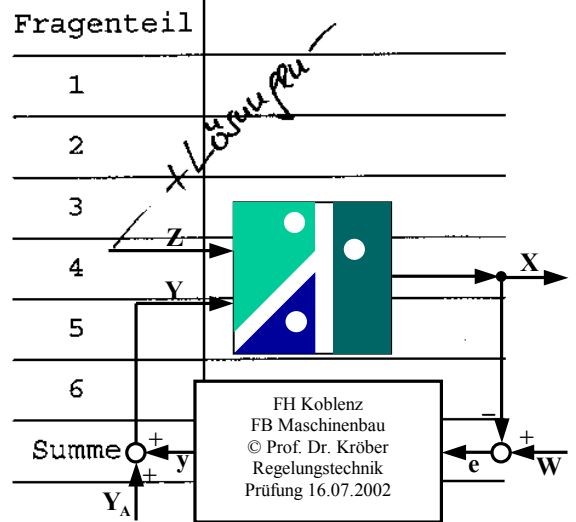


Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



KURZFRAGEN :

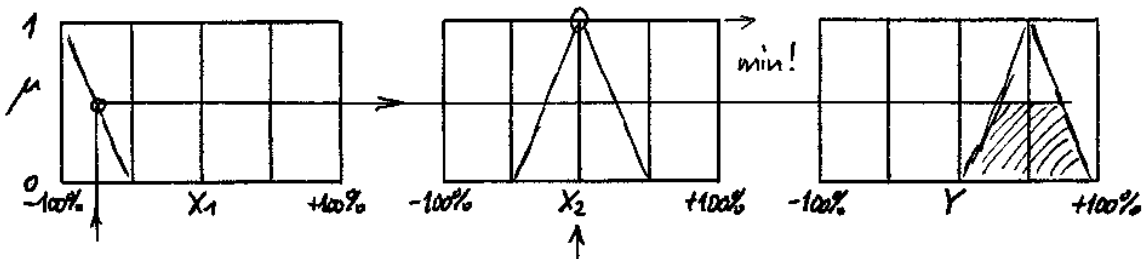
1. Bei dem Verfahren nach Ziegler/Nichols wird der Regelkreis mit einem P-Regler betrieben. Nach dem Hochfahren der Anlage wird K_p so weit ... (Weitere Vorgehensweise kurz beschreiben!). (4P)

erhöht bis sich Dauerschwingungen (Stab.-grenze) einstellen,
eingestellter Wert für $K_p \rightarrow K_{p_{krit}}$
Periodendauer der sich einstellenden Schwingung $\rightarrow T_{krit}$

2. Bei dem Verfahren nach Ziegler/Nichols werden Parameter ermittelt, aus denen auf die Reglereinstellung geschlossen werden kann. Wie lauten diese ermittelten Parameter ? (2P)

$K_{p_{krit}}, T_{krit}$

3. Wenn X_1 "negativ big" und X_2 "Zero", dann soll Y "positiv medium" sein. In einem Beispiel soll der Zugehörigkeitsgrad für X_1 gerade 0,5, der Zugehörigkeitsgrad für X_2 gerade 1,0 sein. Skizzieren Sie diese Aussage im Sinne der Fuzzy-Logik ! Verwenden Sie Dreiecksfunktionen ! (6P)



5. Ein Regler ist eingestellt mit den Parametern $K_p = 0,8$ und $T_n = 14s$. Zu Testzwecken soll der I-Anteil verdoppelt werden. Wie lauten die neuen Einstellwerte? (2P)

$K_p = \underline{0,8}$ und $T_n = \underline{7s}$

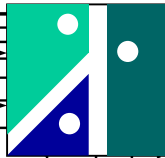
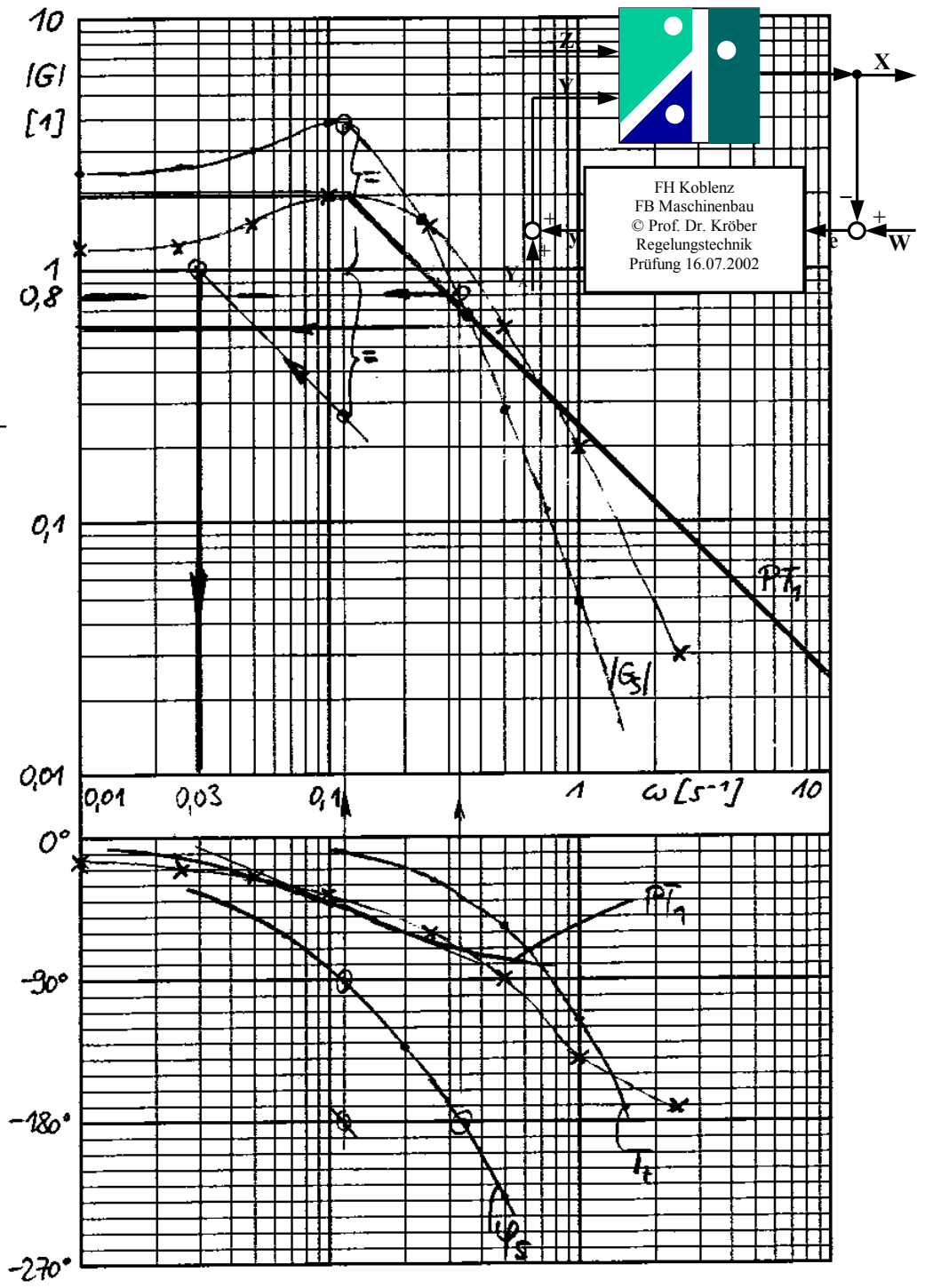
Aufgabe 2 (28 P)

Von einem Teil der Regelstrecke wurde experimentell der Frequenzgang ermittelt. Er ist in der Tabelle angegeben und bereits in das unten stehende Bode-Diagramm eingetragen.

ω [s ⁻¹]	0,01	0,025	0,05	0,1	0,25	0,5	1,0	2,5
$ G $ [1]	1,2	1,3	1,6	2,0	1,6	0,6	0,2	0,03
φ [°]	-15	-20	-25	-35	-60	-90	-140	-170

Zusätzlich zu diesem Teil der Regelstrecke (in der Tabelle angegeben) befinden sich in der gesamten Regelstrecke noch ein Stellventil und eine Totzeit (kommen noch zur Tabelle "hinzu"). Das Stellventil kann als PT₁-Element mit $K=2$; $T=8$ s aufgefasst werden. Die Totzeit beträgt $T_t=2$ s ($K_{\text{Totzeit}}=1$). Als Regler wird wahlweise ein reiner P-Regler und reiner I-Regler eingesetzt.

- Bilden Sie im Bode-Diagramm den Frequenzgang der Regelstrecke!
- Bestimmen Sie K_p (reiner P-Regler) an der Stabilitätsgrenze!
- Bestimmen Sie K_i (reiner I-Regler) an der Stabilitätsgrenze!



FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 16.07.2002

b) $\frac{1}{K_{p_{krit}}} = 0,8$
 $\Rightarrow K_{p_{krit}} \approx 1,25$

c) $K_{i_{krit}} = 0,03 \text{ s}^{-1}$

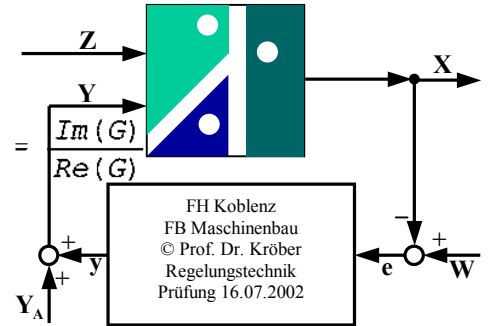
Aufgabe 3 (12P)

Für den angegebenen Frequenzgang ist der Betrag und der Phasenwinkel (numerische Berechnung) für $\omega = 0,25 \text{ s}^{-1}$ zu bestimmen!

$$G = K_p \left(1 + \frac{1}{j\omega T_n} + j\omega T_v \right) \quad \text{wobei: } K_p = 2 ; T_n = 8 \text{ s} ; T_v = 2 \text{ s}$$

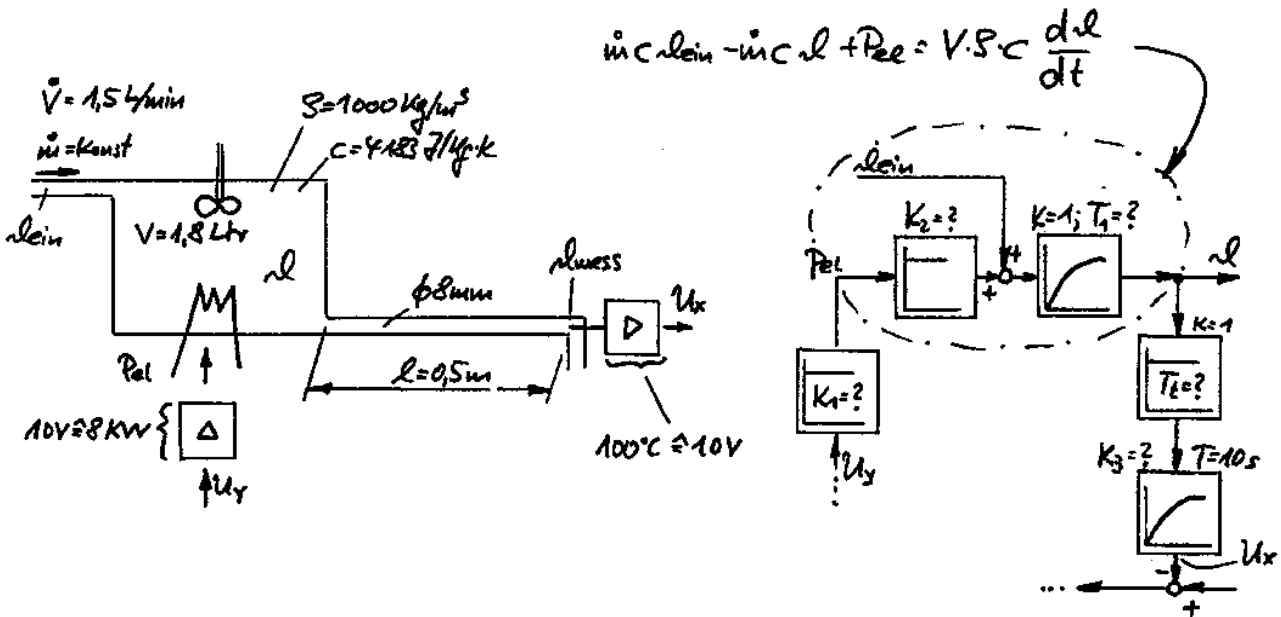
Hilfestellung:

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



Aufgabe 4 (22P)

Die Skizze zeigt das Anlagenschema einer Warmwasseraufbereitung. Entsprechend der eingegebenen Leitspannung U_y wird eine elektrische Heizleistung P_{el} gebildet. Die Energiebilanz des offenen Systems ergibt eine Differentialgleichung zur Bestimmung der Temperatur ϑ . Die Regelgröße ϑ_{mess} wird im Auslauf gemessen. Durch ein Rohrstück der Länge l entsteht eine Totzeit.



- Bestimmen Sie den Parameter K_1 (numerisch)!
- Bestimmen Sie ausgehend von der Differentialgleichung (Energiebilanz) die Parameter K_2 und T_1 (formelmäßig und numerisch)!
- Bestimmen Sie die Totzeit (numerisch)!
- Bestimmen Sie den Parameter K_3 (numerisch)!
- Bilden Sie (numerisch) den Frequenzgang $G = \underline{U}_x / \underline{U}_y$ (Ergebnis möglichst weit vereinfachen)!

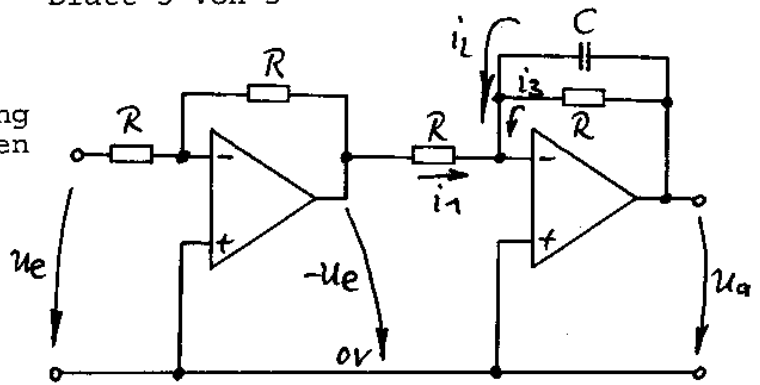
Aufgabe 5 (10 P)

Für die abgebildete Schaltung ist der Frequenzgang zwischen u_e und u_a zu bestimmen.

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

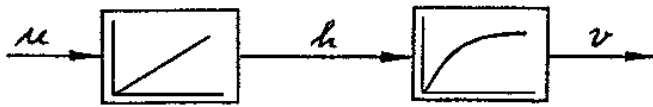
$$\frac{-u_e}{R} + \frac{u_a}{j\omega C} + \frac{u_a}{R} = 0$$

$$\Rightarrow G = \frac{u_a}{u_e} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$



Aufgabe 6 (12 P)

Das Verhalten eines I-Gliedes mit nachgeschaltetem PT₁-Glieder soll mit dem Differenzenverfahren berechnet werden. Der Zeitschritt Δt sei 0,1 s.



Hilfestellung:

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt} \approx \frac{x_{i+1} - x_i}{\Delta t}$$

$$G = \frac{K_I}{j\omega} ; K_I = 2 s^{-1}$$

$$G = \frac{K}{1 + j\omega T} ; K = 2 ; T = 0,5 s$$

$$h|_{t=0} = 0$$

$$v|_{t=0} = 0$$

- Stellen Sie die erforderlichen Rekursionsgleichungen auf !
- Wenden Sie das Verfahren an und ergänzen Sie die unten stehende Wertetabelle !

i	0	1	2	3
u	2	2	2	2
h	0,000	0,4	0,8	1,2
v	0,000	0,000	0,16	0,448

$$\dot{h} = K_I \cdot u$$

$$v + T \dot{v} = K \cdot h$$

$$\frac{h_{i+1} - h_i}{\Delta t} = K_I \cdot u_i$$

$$v_i + T \frac{v_{i+1} - v_i}{\Delta t} = K h_i$$

$$h_{i+1} = h_i + K_I \Delta t \cdot u_i$$

$$v_{i+1} = v_i + \frac{\Delta t}{T} (K h_i - v_i)$$

$$h_1 = h_0 + K_I \Delta t \cdot u_0$$

$$= 0 + 2 \cdot 0,1 \cdot 2 = 0,4$$

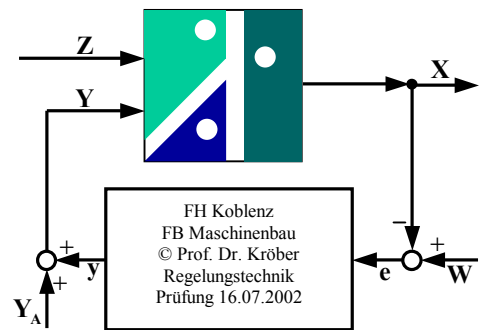
$$v_2 = 0 + \frac{0,1}{0,5} (2 \cdot 0,4 - 0) = 0,16$$

$$h_2 = 0,4 + 2 \cdot 0,1 \cdot 2 = 0,8$$

$$v_3 = 0,16 + \frac{0,1}{0,5} (2 \cdot 0,8 - 0,16) = 0,448$$

$$h_3 = 0,8 + 2 \cdot 0,1 \cdot 2 = 1,2$$

$$= 0,448$$



Lösungen Prüfungen Regelungstechnik vom 16.07.02

$$\text{zu 1) } G_z = \frac{G_2}{1+G_1 G_2 G_3} = \frac{\frac{k_2}{1+j\omega T_2}}{1 + \frac{k_1}{1+j\omega T_1} \cdot \frac{k_2}{1+j\omega T_2} k_p \left(1 + \frac{1}{T_n j\omega}\right)} \cdot \frac{1+j\omega T_1}{1+j\omega T_1} \cdot \frac{1+j\omega T_2}{1+j\omega T_2} \cdot \frac{T_n j\omega}{T_n j\omega}$$

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

b) $\lim_{j\omega \rightarrow 0} G_z = \frac{k_2(1+0) \cdot 0}{0 + k_1 k_2 k_p} = 0$ d.h. keine Wirkung von x auf z für $t \rightarrow \infty$

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

$$a_0 = k_1 k_2 k_p$$

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

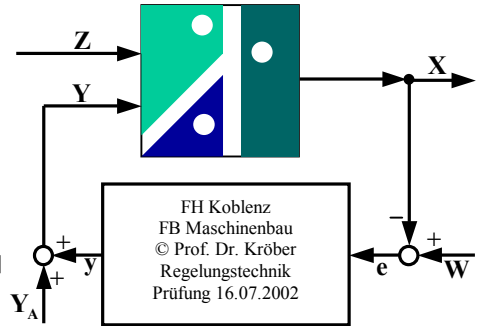
$$a_2 = T_n (T_1 + T_2)$$

$$a_3 = T_1 T_2 T_n$$

Bem.: $a_i > 0$

$$a_2 a_1 > a_0 a_3$$

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



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

$$= \underbrace{k_p}_{\text{Re}} + j \underbrace{k_p \left(T_v \omega - \frac{1}{T_n \omega}\right)}_{\text{Im}}$$

$$|G| = k_p \sqrt{1 + \left(T_v \omega - \frac{1}{T_n \omega}\right)^2} = 2$$

$$\tan \varphi = \frac{k_p \left(T_v \omega - \frac{1}{T_n \omega}\right)}{k_p} = T_v \omega - \frac{1}{T_n \omega} \Rightarrow \varphi = 0^\circ$$

zu 4.) a) $\underline{K_1} = \frac{\Delta P_{\text{ee}}}{\Delta I_y} = \frac{8 \text{ kW}}{10 \text{ V}} = 800 \frac{\text{W}}{\text{V}}$

b) $V_S C \frac{dI}{dt} + I = P_{\text{ee}} + I_{\text{ein}} \cdot \frac{1}{I_{\text{sc}}}$

$$\frac{V_S C}{I_{\text{sc}}} \frac{dI}{dt} + I = \frac{1}{I_{\text{sc}}} P_{\text{ee}} + I_{\text{ein}}$$

$$T_1 = 72 \text{ s} ; K_2 = 0,00956 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

c) $T_t = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{\frac{d^2 \cdot \pi}{4}} = 1,005 \text{ s} \approx 1,0 \text{ s}$

d) $\underline{K_3} = \frac{\Delta I_{\text{be}}}{\Delta I_{\text{mess}}} = \frac{10 \text{ V}}{100^\circ \text{C}} = 0,1 \frac{\text{V}}{\text{C}}$ Bem. $0,1 \frac{\text{V}}{\text{K}}$

e)

$$G = \frac{u_x}{u_y}$$

$$= k_1 \cdot k_2 \frac{1}{1+j\omega T_1} e^{-j\omega T_t} \frac{k_3}{1+j\omega T_3}$$

$$= 800 \frac{\text{W}}{\text{V}} \cdot 0,00956 \frac{\text{K}}{\text{W}} \cdot \frac{1}{1+j\omega 72 \text{ s}}$$

$$e^{-j\omega T_t} \cdot \frac{0,1 \frac{\text{V}}{\text{K}}}{1+j\omega 10 \text{ s}}$$

$$G = \frac{0,765}{(1+j\omega 72 \text{ s})(1+j\omega 10 \text{ s})} e^{-j\omega 1 \text{ s}}$$