Fachhochschule Koblenz
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ______________________

Matr.-Nr. ______________________

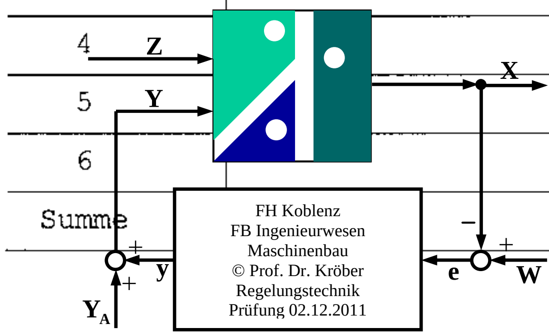
Regelungstechnik WS 11/12
Prof. Dr. W. Kröber

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 : ______________________

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	+Lösungen
3	
4	
5	
6	
Summe	



K U R Z F R A G E N :

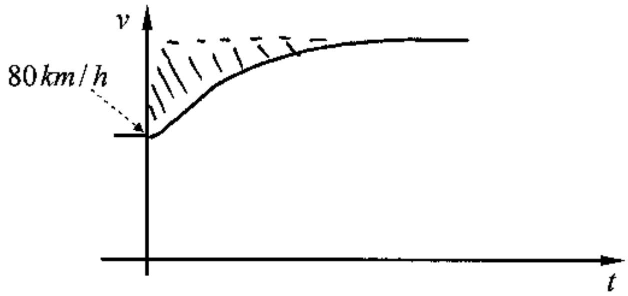
1. Ein Regelkreis ist "optimal" eingestellt. Dann wird die Verstärkung bei dem Messumformer verdoppelt. Wie müssen die Einstellparameter eines PI-Reglers dann verändert werden? (3P)

   K_p halbieren T_n unverändert

2. Bei einer Temperaturregelung beträgt die Regeldifferenz 3°C und der Sollwert 20°C. Wie groß ist der Istwert? (1P)

   17°C

3. Ein PKW fährt mit entsprechender "Gaspedalstellung" 80 km/h. Dann wird zur Zeit t=0 die "Gaspedalstellung" sprungförmig auf einen höheren Wert verstellt. Ergänzen Sie in der Abbildung den Verlauf der Geschwindigkeit (bis sich ein stationärer Endzustand einstellt)! (4P)



4. Schraffieren Sie in den Bild aus Fragestellung 3 den Anteil, der durch die homogene Lösung der Differentialgleichung beschrieben wird! (2P)

5. Wie lauten die Eingangs- und Ausgangsgröße eines Reglers? (Antwortbeispiel: Rückführgröße) (2P)

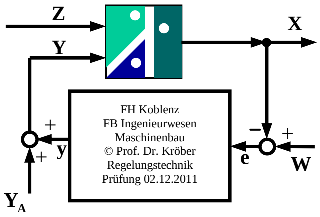
   Regeldifferenz Stellgröße

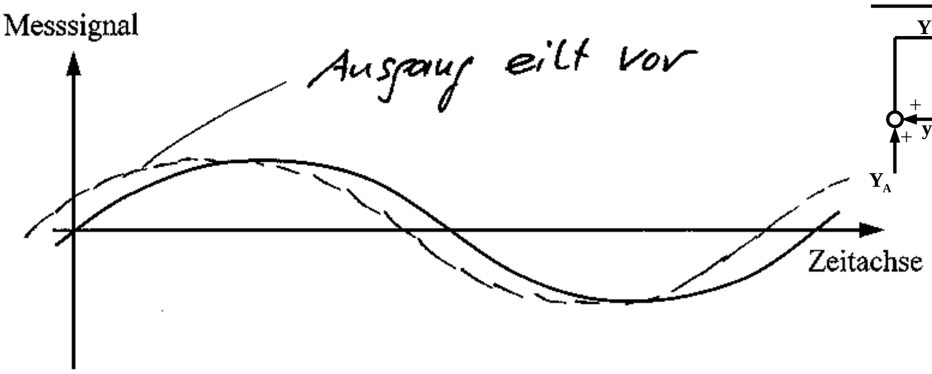
6. Mit welchem einfachen Regler erzielt man bei einer Regelstrecke mit Ausgleich ein praktikables Betriebsverhalten? (2P)

   I-Regler

7. Wie viele Regler und wie viele Rückführgrößen werden bei einer Kaskadenregelung eingesetzt?
(2P) jeweils 2 Stk.

8. Auf ein DT_1-Element wirkt eine sinusförmige Eingangsgröße. Der Verlauf dieser Eingangsgröße ist in dem Diagramm abgebildet. Ergänzen Sie den Verlauf der Ausgangsgröße (eingeschwungener Zustand)!
(4P)

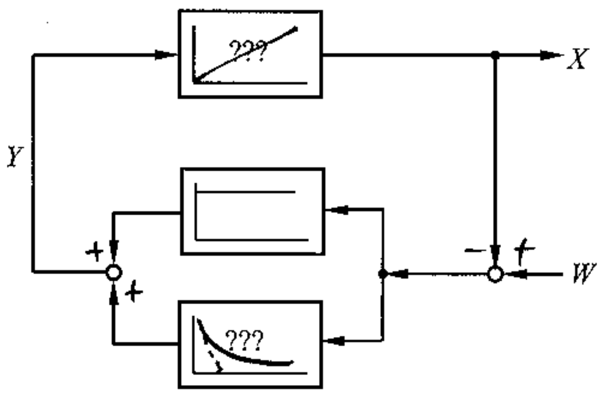




9. Von dem abgebildeten Regelkreis fehlen an den Summationspunkten die Vorzeichen. Ferner fehlen in zwei Übertragungsblöcken die Einträge der Verläufe für die Sprungantwort. Bitte ergänzen Sie die fehlenden Eintragungen!
(6P)

Von der Regelstrecke und dem Regler sind folgende Gleichungen bekannt:

$$G_S = \frac{K_I}{j\omega} \qquad G_R = K_P + \frac{K_D j\omega}{1 + j\omega T}$$



RECHENTEIL:

Aufgabe 1 (8P)

Ein DT_1-Übertragungsglied kann durch folgende Rekursionsgleichung beschreiben werden:

$$v_i = \frac{T \cdot v_{i-1} + K_D \cdot (u_i - u_{i-1})}{T + \Delta t}$$

Daten: K_D = 4s; T = 1s; $\Delta t = \frac{T}{20}$

Wenden Sie den Rekursionsalgorithmus an und ergänzen Sie die drei in der Tabelle fehlenden Zahlenwerte!

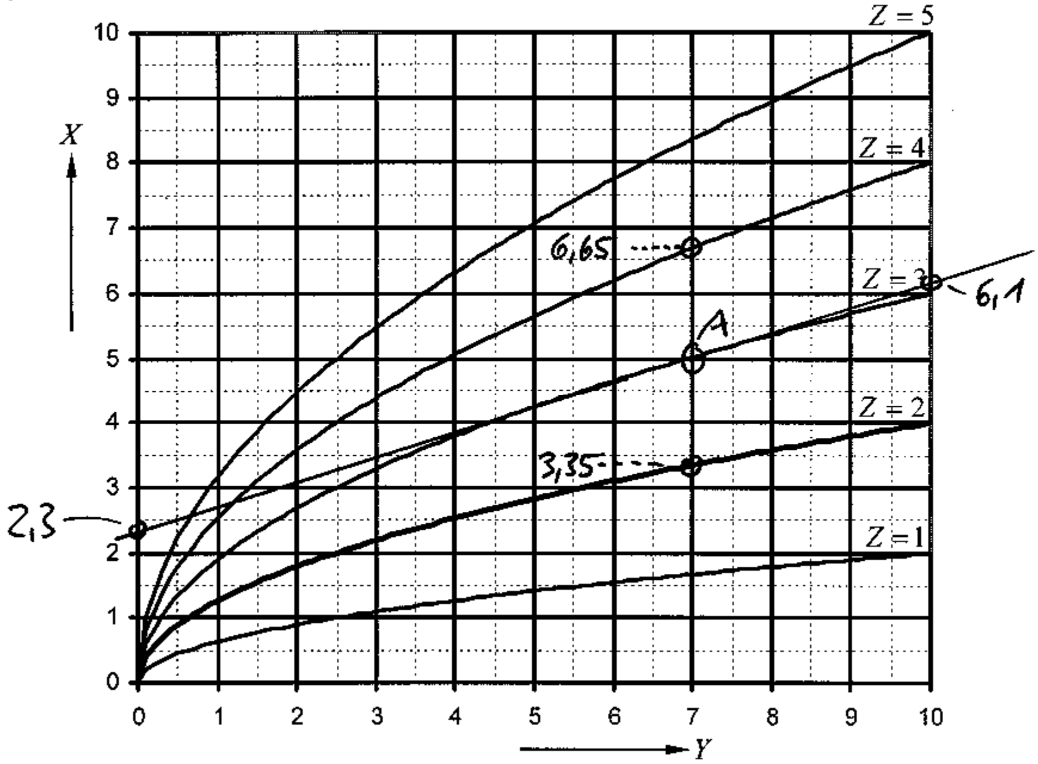
i	0	1	2	3
u_i	0	1	2	3
v_i	0	3,8095	7,4376	10,8930

Aufgabe 2 (18P)

Die Abbildung zeigt ein Kennfeld X=f(Y,Z). Im Folgenden wird der Arbeitspunkt $Y_A = 7$ und $Z_A = 3$ betrachtet.

a. Bestimmen Sie auf graphischen Wege in dem Arbeitspunkt den Koeffizienten $K_Y = \frac{\partial X}{\partial Y}|_A$ sowie den Koeffizienten $K_Z = \frac{\partial X}{\partial Z}|_A$!

b. Die Gleichung des Kennfeldes lautet $X = 2 \cdot Z \cdot \sqrt{Y/10}$. Bestimmen Sie die Koeffizienten auf rechnerischem Wege (partielle Ableitungen bilden usw.)!



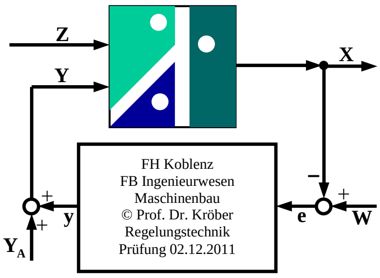
Aufgabe 3 (14P)

Von einem DT_1-Übertragungsglied sind für eine bestimmte Kreisfrequenz der Betrag des Frequenzganges und die Phasenverschiebung zu bestimmen. Als Endergebnis ist nur die numerische Lösung gefordert.

Hinweis: Das DT_1-Übertragungsglied kann als eine Reihenschaltung eines D-Gliedes und eines PT_1-Gliedes aufgefasst werden.

DT_1: $G = \frac{K_D j\omega}{1 + j\omega T}$ zu berechnen für $\omega = \frac{\sqrt{3}}{T}$

Weitere Zahlenwerte: $K_D = 4s$; $T = 1s$



Aufgabe 4 (22P)

Zur Regelung einer I-Regelstrecke wird ein PDT_1-Regler verwendet. Die Frequenzgänge von Strecke und Regler lauten:

$$G_S = \frac{K_I}{j\omega} \qquad\qquad G_R = K_P + \frac{K_D j\omega}{1 + j\omega T}$$

a. Bestimmen Sie zunächst den Führungsfrequenzgang!

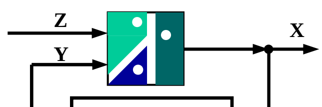
b. Für das Einschwingverhalten ist die homogene Differentialgleichung verantwortlich. Bestimmen Sie den diesbezüglichen Dämpfungsgrad!

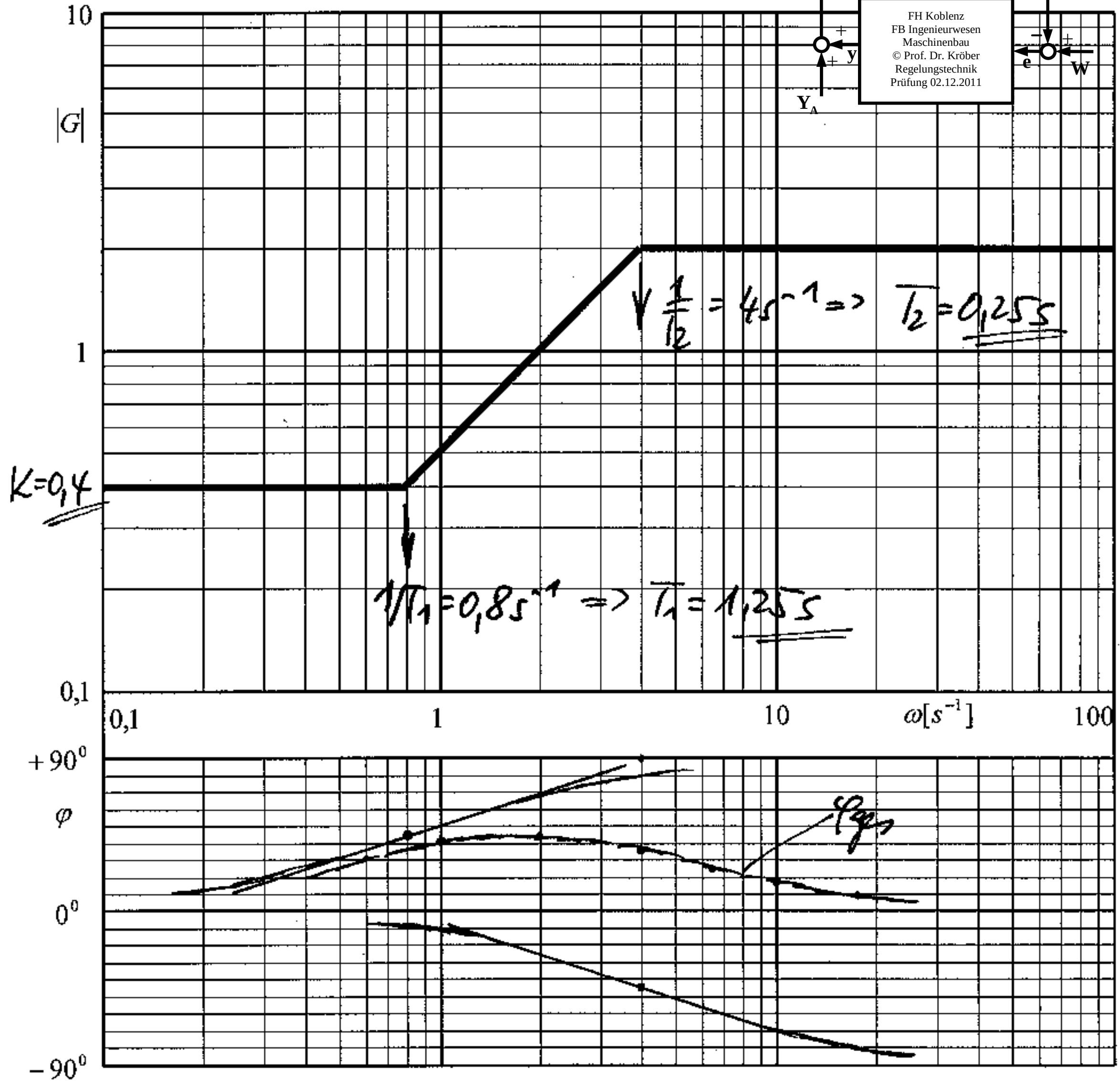
c. Kommt es mit den Parametern $K_I = 0{,}5 s^{-1}$; $K_P = 2$; $K_D = 4s$; $T = 1s$ zu einem Überschwingen?

Aufgabe 5 (14P)

Von einem System ist der abgebildete Betrag des Frequenzganges bekannt. Konstruieren Sie dazu den dazugehörigen Phasengang! Formelmäßig kann der Frequenzgang durch die angegebene Gleichung beschrieben werden. Wie groß sind die Zahlenwerte für K, T_1 und T_2?

$$G = K \cdot \frac{1 + j\omega T_1}{1 + j\omega T_2}$$





Aufgabe 6 (20P)

Tragen Sie den angegebenen Frequenzgang ins Bode-Diagramm ein!

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

Zahlenwerte: $K_I = 4s^{-1}$; $T = 0{,}5s$; $T_t = 0{,}5s$

Bestimmen Sie $K_{P\,krit}$ und T_{krit} sowie die Reglereinstellung für einen PID-Regler nach Ziegler/Nichols ($K_P = 0{,}6 \cdot K_{p\,krit}$; $T_n = 0{,}5 \cdot T_{krit}$; $T_v = 0{,}12 \cdot T_{krit}$) !

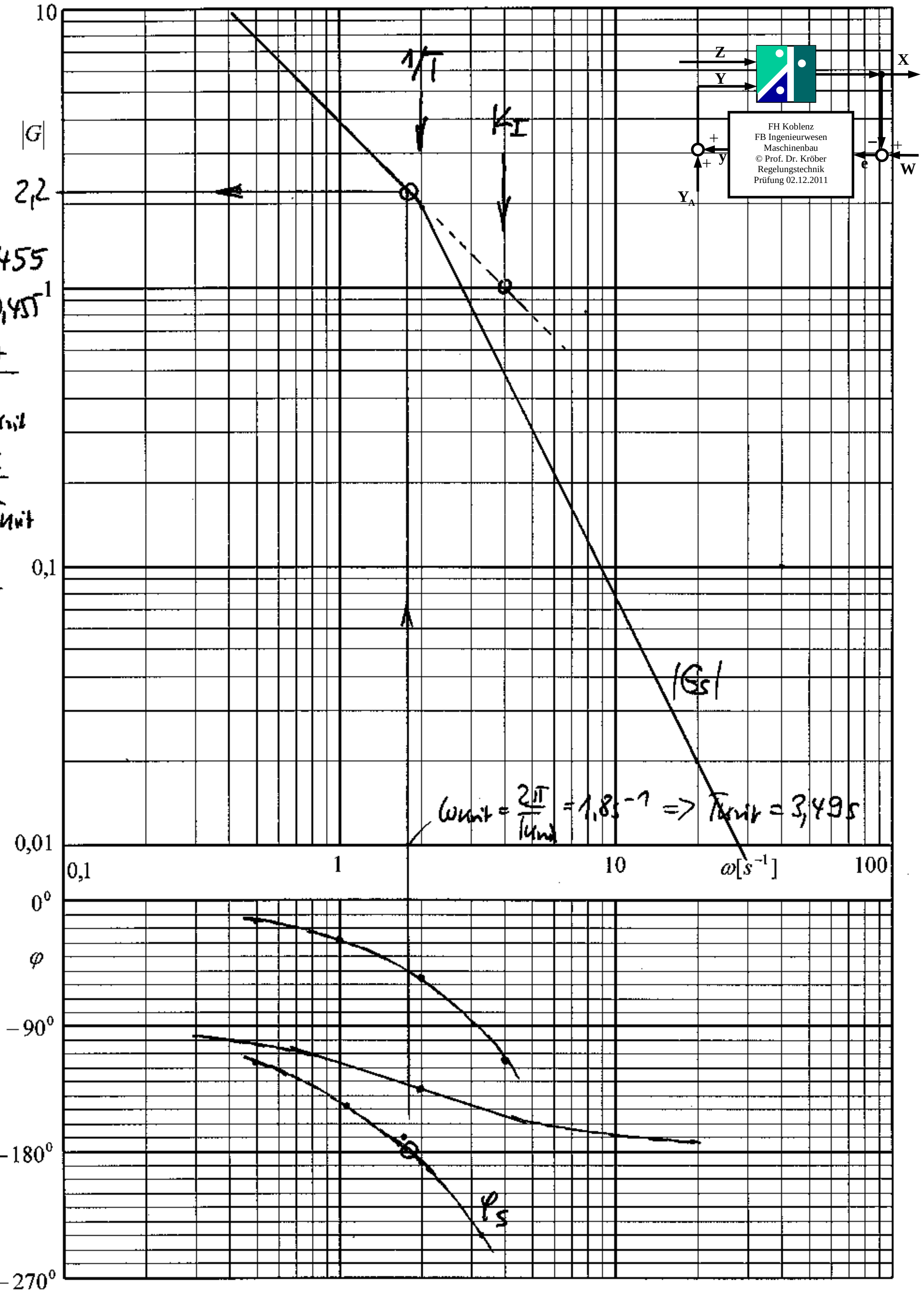
$\frac{1}{K_{Pkrit}} = 2{,}2$

$K_{Pkrit} = 0{,}455$

$K_P = 0{,}6 \cdot 0{,}455 = \underline{\underline{0{,}27}}$

$T_n = 0{,}5 \cdot T_{krit} = \underline{\underline{1{,}75\,s}}$

$T_v = 0{,}12 \cdot T_{krit} = \underline{\underline{0{,}42\,s}}$



Lösungen Prüfung Regelungstechnik 02.12.11 Blatt 1

zu 1) $$v_i = \frac{T\cdot v_{i-1} + K_D(u_i - u_{i-1})}{T+\Delta t} = \frac{1s\cdot v_{i-1} + 4s(u_i - u_{i-1})}{1s + 0{,}05s}$$

$$v_i = \frac{v_{i-1} + 4(u_i - u_{i-1})}{1{,}05}$$

$$\underline{\underline{v_1}} = \frac{0+4(1-0)}{1{,}05} = \underline{\underline{3{,}8095}} \;;\quad \underline{\underline{v_2}} = \frac{3{,}8095+4(2-1)}{1{,}05} = \underline{\underline{7{,}4376}}$$

$$\underline{\underline{v_3}} = \frac{7{,}4376+4(3-2)}{1{,}05} = \underline{\underline{10{,}8930}}$$

zu 2) $$\underline{\underline{K_y}} = \frac{6{,}1-2{,}3}{10-0} = \underline{\underline{0{,}38}} \;;\quad \underline{\underline{K_z}} = \frac{6{,}65-3{,}35}{4-2} = \underline{\underline{1{,}65}}$$

$$X = 2\cdot Z\sqrt{Y/10}$$

$$\underline{\underline{K_y}} = \frac{\partial X}{\partial Y}\Big|_A = \cancel{2}\cdot Z\,\frac{1}{\cancel{2}\sqrt{Y/10}}\cdot\frac{1}{10}\Big|_A = 3\cdot\frac{1}{\sqrt{7/10}}\cdot\frac{1}{10} = \underline{\underline{0{,}359}}$$

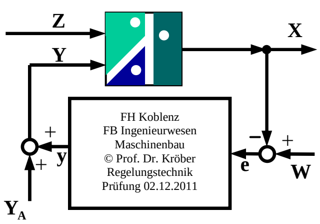
$$\underline{\underline{K_z}} = \frac{\partial X}{\partial Z}\Big|_A = 2\sqrt{Y/10}\Big|_A = 2\sqrt{7/10} = \underline{\underline{1{,}673}}$$

zu 3) $$\underline{\underline{|G|}} = \frac{K_D\cdot\omega}{\sqrt{1+(\omega T)^2}} = \frac{4\cdot\frac{\sqrt{3}}{1}}{\sqrt{1+\left(\frac{\sqrt{3}}{1}\cdot 1\right)^2}} = 2\cdot\underline{\underline{\sqrt{3} \approx 3{,}464}}$$

$$\varphi_D = +90^\circ$$

$$\tan\varphi_{PT_1} = -\omega\cdot T = -\sqrt{3} \Rightarrow \varphi_{PT_1} = -60^\circ$$

$$\underline{\underline{\varphi_{ges}}} = \varphi_D + \varphi_{PT_1} = +90^\circ - 60^\circ = \underline{\underline{+30^\circ}}$$



Lösungen Prüfung Regelungstechnik 02.12.11 Blatt 2

zu 4)
$$G_w = \frac{G_R \cdot G_S}{1+G_R \cdot G_S} = \frac{\left(K_P + \frac{K_D j\omega}{1+j\omega T}\right)\frac{K_I}{j\omega}}{1+\left(K_P+\frac{K_D j\omega}{1+j\omega T}\right)\frac{K_I}{j\omega}} \cdot \frac{1+j\omega T}{1+j\omega T} \cdot \frac{j\omega}{j\omega}$$

$$\underline{\underline{G_w = \frac{\left[K_P(1+j\omega T)+K_D j\omega\right]\cdot K_I}{(1+j\omega T)j\omega + \left[K_P(1+j\omega T)+K_D j\omega\right]\cdot K_I}}}$$

$$G_w = \frac{K_P \cdot K_I + j\omega(K_P K_I \cdot T + K_D \cdot K_I)}{K_P K_I + j\omega(1+K_P K_I T + K_D \cdot K_I) + (j\omega)^2 T} \cdot \frac{1/T}{1/T}$$

$$= \frac{\frac{K_P K_I}{T} + j\omega\,\frac{K_P K_I \cdot T + K_D \cdot K_I}{T}}{\underbrace{\frac{K_P K_I}{T}}_{\omega_0^2} + j\omega\,\underbrace{\frac{1+K_P K_I T + K_D K_I}{T}}_{2\delta} + (j\omega)^2}$$

$$\underline{\underline{\vartheta = \frac{\delta}{\omega_0}}} = \frac{\frac{1+K_P K_I T + K_D \cdot K_I}{2T}}{\sqrt{\frac{K_P K_I}{T}}} = \underline{\underline{\frac{1+K_I(K_P \cdot T + K_D)}{2\cdot\sqrt{K_P \cdot K_I \cdot T}}}}$$

$$\vartheta = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{1+0{,}5\frac{1}{s}(2\cdot 1s+4s)}{2\cdot\sqrt{2\cdot 0{,}5\frac{1}{s}\cdot 1s}} = \frac{4}{2} = 2$$

$\vartheta > 1 \Rightarrow$ Kein Überschwingen