Fachhochschule Koblenz   Blatt 1 von 6
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

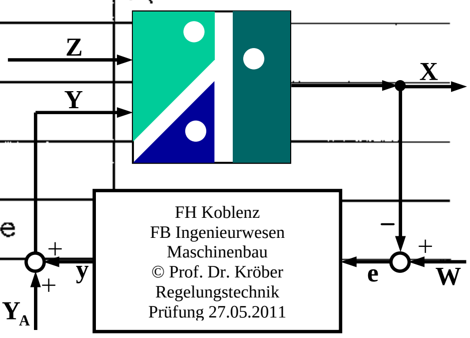
Name ____________________

Matr.-Nr. ____________________

Regelungstechnik SS 11
Prof. Dr. W. Kröber

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungen



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)

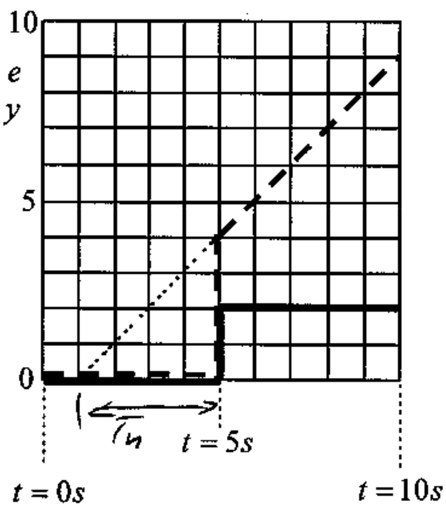
Note : ____________________

K U R Z F R A G E N :

1. Die Skizze zeigt den Verlauf der Regeldifferenz und der Stellgröße. Wie groß sind K_p und T_n? (4P)

$K_p = \frac{\Delta y}{\Delta e} = \frac{4}{2} = 2$

$T_n = 4s$



2. Eine Rekursionsgleichung lautet $v_i = u_{i-20}$. Der Zeitschritt beträgt $\Delta t = 0{,}1s$. Wie groß ist die dazugehörige Totzeit? (2P)

$T_t = 2s$

3. Was versteht man unter Einschaltdauermodulation/Pulsweitenmodulation? (3P)

Signal klein

Signal groß

rel. Einschaltdauer ist Maß für Signalübertragung

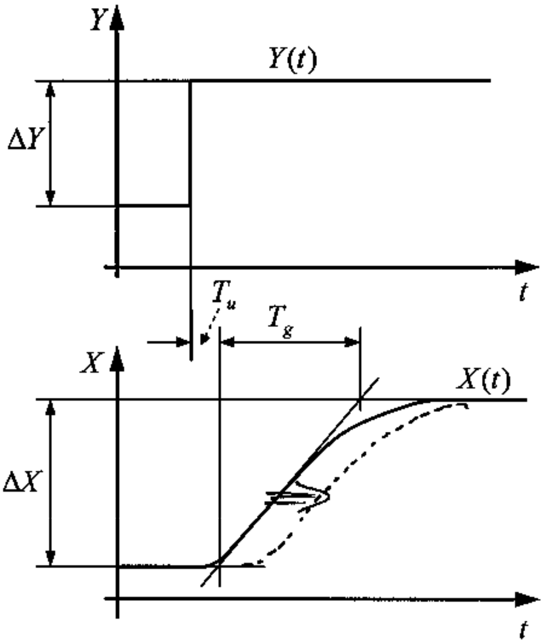
4. Eine Regelstrecke mit Verzögerungsgliedern wird mit einem P-Regler betrieben. Eine auftretende Störgröße wird nicht ganz ausgeregelt. Wie muss man K_p verändern, damit der Einfluss der Störgröße auf die Regelgröße abgemindert wird? (2P)

$K_p \uparrow$

5. Bei der Reglereinstellung nach der Sprungantwort wird die abgebildete Auswertung vorgenommen.

   Wie kann man daraus K_S bestimmen?
   (2P)

   $K_S = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$



   Wie ändern sich die Signalverläufe, wenn in der Regelstrecke eine weitere Totzeit "eingebaut" wird?
   Bem: In Abbildung eintragen!
   (4P)

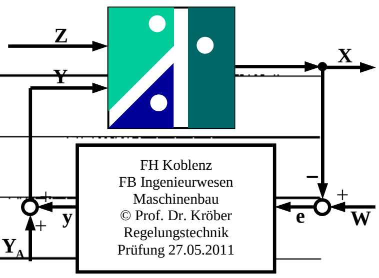
6. Bei einem Regelkreis mit einem PI-Regler sind folgende Einstellwerte durch "Probieren" als "optimal" ermittelt worden: $K_p = 0,8$; $T_n = 4$ s. Welches Verhalten ergibt sich, wenn die Einstellwerte wie folgt abgeändert werden (bitte rechts eintragen!)?
   (4P)

   $K_p = 0,4$; $T_n = 4$ s — zu langsam

   $K_p = 1,6$; $T_n = 4$ s — überschwingen

   $K_p = 0,8$; $T_n = 2$ s — überschwingen

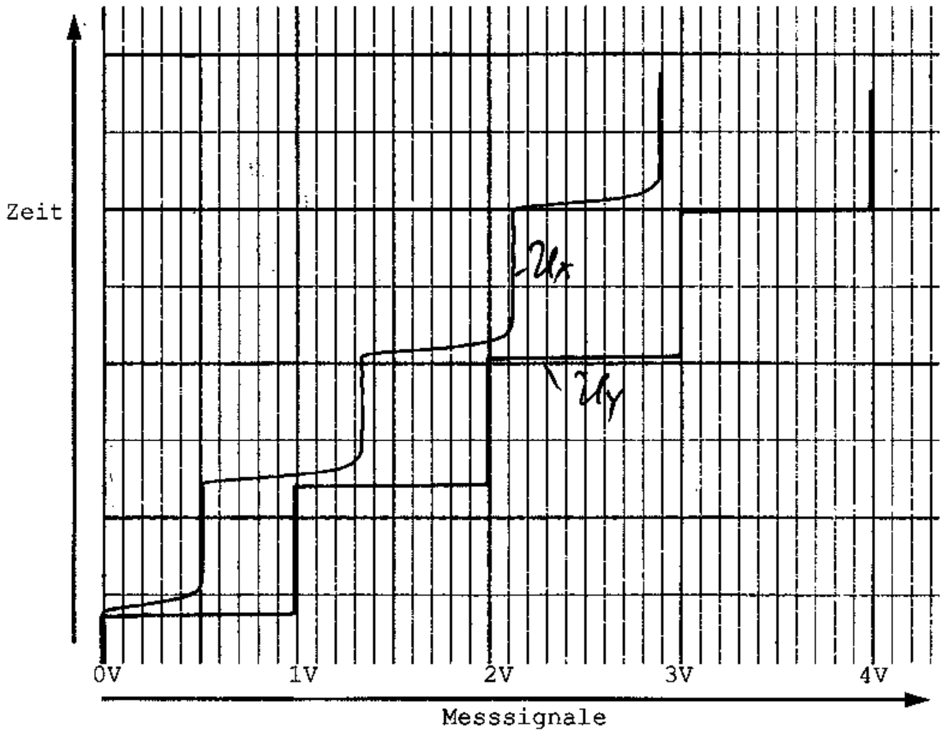
   $K_p = 0,8$; $T_n = 8$ s — zu langsam



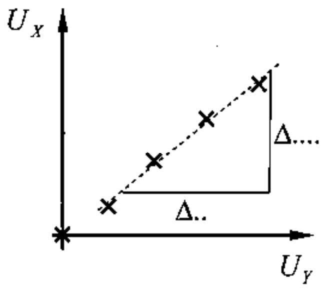
R E C H E N T E I L :

Aufgabe 1 (12P)

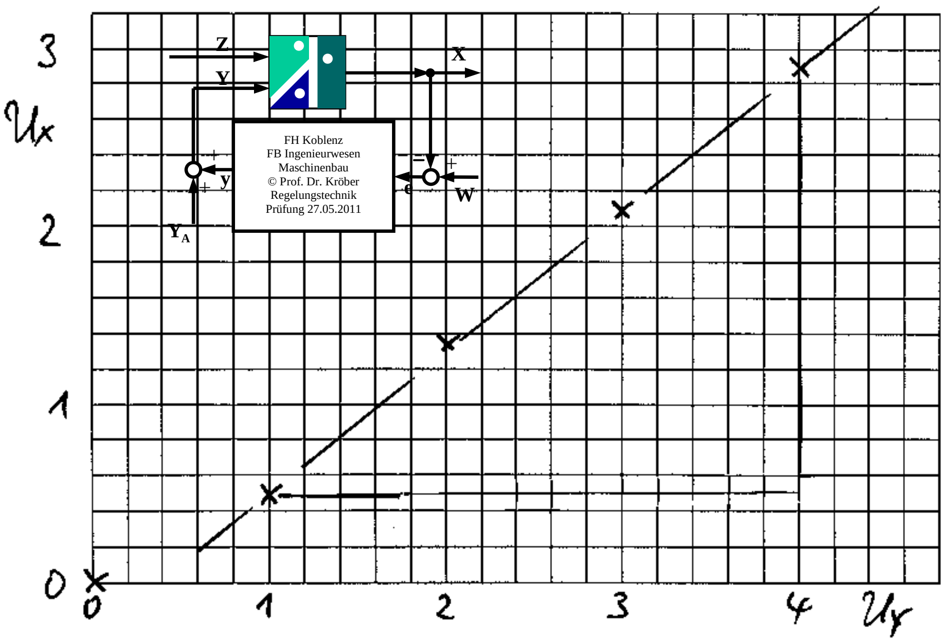
Im Regelungstechnik-Labor wird bei dem Durchflussprüfstand die Leitspannung U_y für den Antriebsmotor stufenweise erhöht (0V, 1V, 2V, 3V, 4V, usw.). Gleichzeitig wird die Regelgröße (Rückführgröße U_x) aufgezeichnet. Die unten stehende Abbildung zeigt einen Originalausschnitt der Messsignalaufzeichnung. Erstellen Sie daraus eine Kennlinie für das statische Verhalten der Regelstrecke! Tragen Sie dazu die 5 in dem Messschrieb enthaltenen Arbeitspunkte in eine zu erstellende Abbildung ein (z.B. unten auf diesem Blatt)! Zeichnen Sie mit der Methode scharfen Hinsehens eine Ausgleichsgerade und bestimmen Sie deren Steigung und damit den Wert für K_S !



Vorgehensweise (Prinzip):



Hinweis: kariertes Papier zur Lösung der Aufgabe



$$K_S = \frac{2{,}9 - 0{,}5}{4 - 1}$$

$$\underline{K_S = 0{,}8}$$

Aufgabe 2 (16P)

Eine Regelstrecke 2. Ordnung wird durch folgende Differentialgleichung beschrieben:

Gleichung 1: $$\frac{d^2v(t)}{dt^2} + 2\cdot\delta\cdot\frac{dv(t)}{dt} + \omega_0^2\cdot v(t) = K\cdot\omega_0^2\cdot u(t)$$

Daraus lässt sich folgende Differenzengleichung entwickeln:

Gleichung 2: $$v_{i+1}\cdot[1+2\cdot\delta\cdot\Delta t] = u_i[K\cdot\omega_0^2\cdot\Delta t^2] + v_i\cdot[2+2\cdot\delta\cdot\Delta t - \omega_0^2\cdot\Delta t^2] - v_{i-1}$$

In einem konkreten Anwendungsfall lautet die Rekursionsgleichung:

$$v_{i+1} = \frac{0{,}08\cdot u_i + 2{,}06\cdot v_i - v_{i-1}}{1{,}10}$$

Hierbei beträgt der Zeitschritt $\Delta t = 0{,}05\,s$.

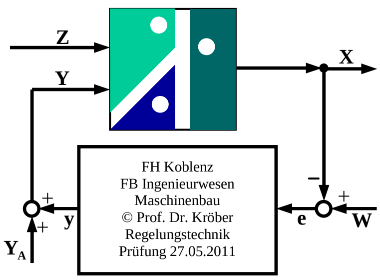
a. Beweisen Sie Gleichung 2 aus Gleichung 1 !

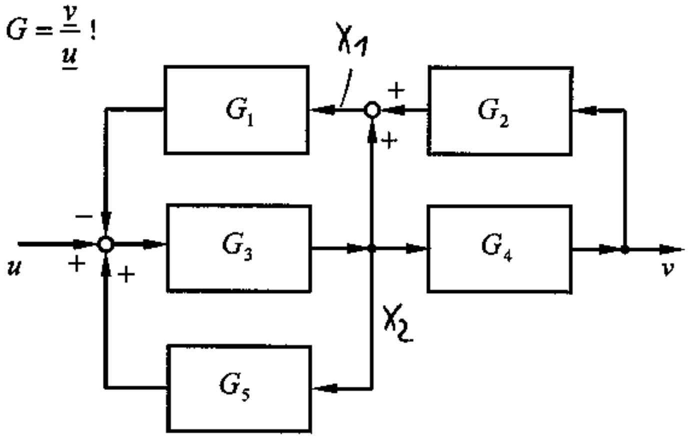
   Hilfestellungen: $\ddot{y} = \frac{y_{i+1} + y_{i-1} - 2\cdot y_i}{\Delta t^2}$ $\qquad \dot{y} = \frac{y_{i+1} - y_i}{\Delta t}$

b. Bestimmen Sie die drei maßgeblichen Parameter (δ, ω_0 und K) der Regelstrecke (zahlenmäßige Lösung)!

Aufgabe 3 (12P)

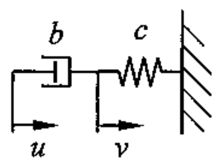
Bestimmen Sie durch das Einführen von Hilfsgrößen für das angegebene System den Frequenzgang $G = \frac{v}{u}$!





Aufgabe 4 (6P)

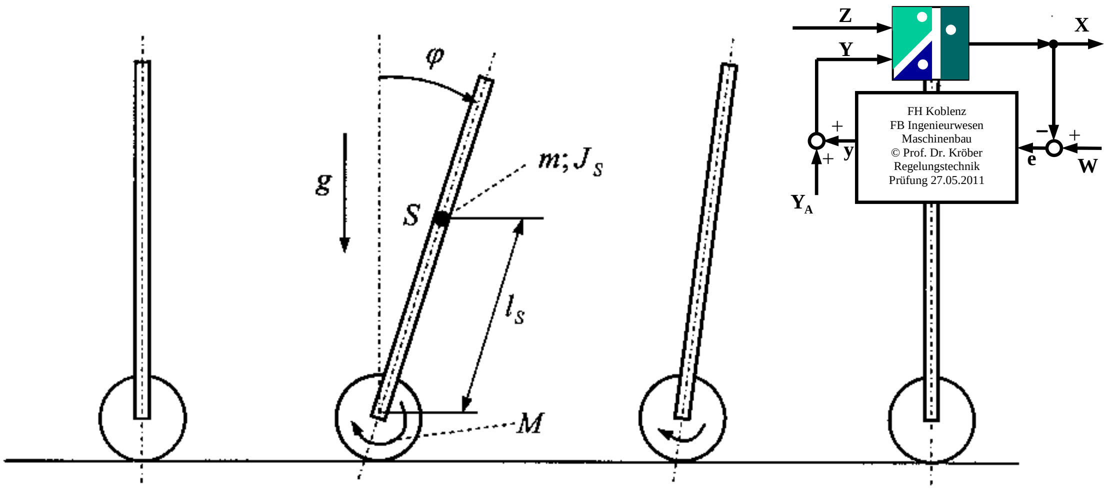
Bei dem abgebildeten System aus Dämpfer und Feder wird Kolben von links plötzlich um ein bestimmtes Maß u nach rechts verschoben (Sprungfunktion). Der Weg von v durchläuft dabei einen zeitlichen Verlauf gemäß eines DT_1-Gliedes. Diese Aussage (Aussage = DT_1) ist nachzuweisen.



Hilfestellung: Die Kraft im Dämpfer ist stets gleich der Kraft in der Feder.

Aufgabe 5 (18P)

Im Folgenden wird die Vor- und Rückwärtsfahrbewegung eines sogenannten "SEGWAYs" untersucht. Bei einer Betrachtung als ebenes Problem besteht es aus einem Rad und einem darüber angeordneten Oberbau (hier als dünner Stab dargestellt). Der Fahrer steht auf dem Oberbau. Der Vortrieb (hier nach rechts) geschieht wie folgt:
Drückt der Fahrer durch Gewichtsverlagerung den Oberbau nach vorne (hier in der Abbildung nach rechts), so wirkt in Abhängigkeit der Neigung durch einen Motor ein Drehmoment M auf das untere Rad und bewegt das Rad zügig nach rechts. Dadurch (und durch das Reaktionsmoment) richtet sich der Oberbau wieder auf und kommt etwas weiter rechts wieder zum Stehen.



Ausgangszustand

Fahrer neigt Oberbau durch Gewichtsverlagerung

Oberbau richtet sich wieder auf

Das Gesamtsystem kommt weiter rechts wieder zum Stehen

Durch die Ansätze der Mechanik kann man für den Oberbau folgende Gleichung herleiten (kleine Auslenkungen, hier vereinfacht ohne Koppelglied):

$$(J_S + m \cdot l_S^{\,2}) \cdot \ddot{\varphi} = -M + m \cdot g \cdot l_S \cdot \varphi$$

Als Regler für das Antriebssystem wird ein PD-Regler vorgesehen. Die dazugehörige Gleichung lautet (hierbei ist $\varphi_{Soll} = 0^0$) :

$$M = K_P \cdot (\varphi - \overset{=0}{\cancel{\varphi_{Soll}}}) + K_D \cdot \frac{d\varphi}{dt}$$

a. Ermitteln Sie daraus eine Differentialgleichung zur Beschreibung des Winkels φ!

   Ziel: $\ddot{\varphi} + 2 \cdot \delta \cdot \dot{\varphi} + \omega_0^{\,2} \cdot \varphi = 0$

b. Setzen Sie $K_P = 3 \cdot m \cdot g \cdot l_S$ und ermitteln Sie eine Gleichung zur Bestimmung von K_D und zwar so, dass der Dämpfungsgrad gleich Eins ist!

Aufgabe 6 (20P)

Tragen Sie den angegebenen Frequenzgang ins Bode-Diagramm ein!

$$G_S = \frac{K_1}{1+j\cdot\omega\cdot T_1}\cdot\frac{K_2}{1+j\cdot\omega\cdot T_2}\cdot K_3\cdot e^{-j\cdot\omega\cdot T_t}$$

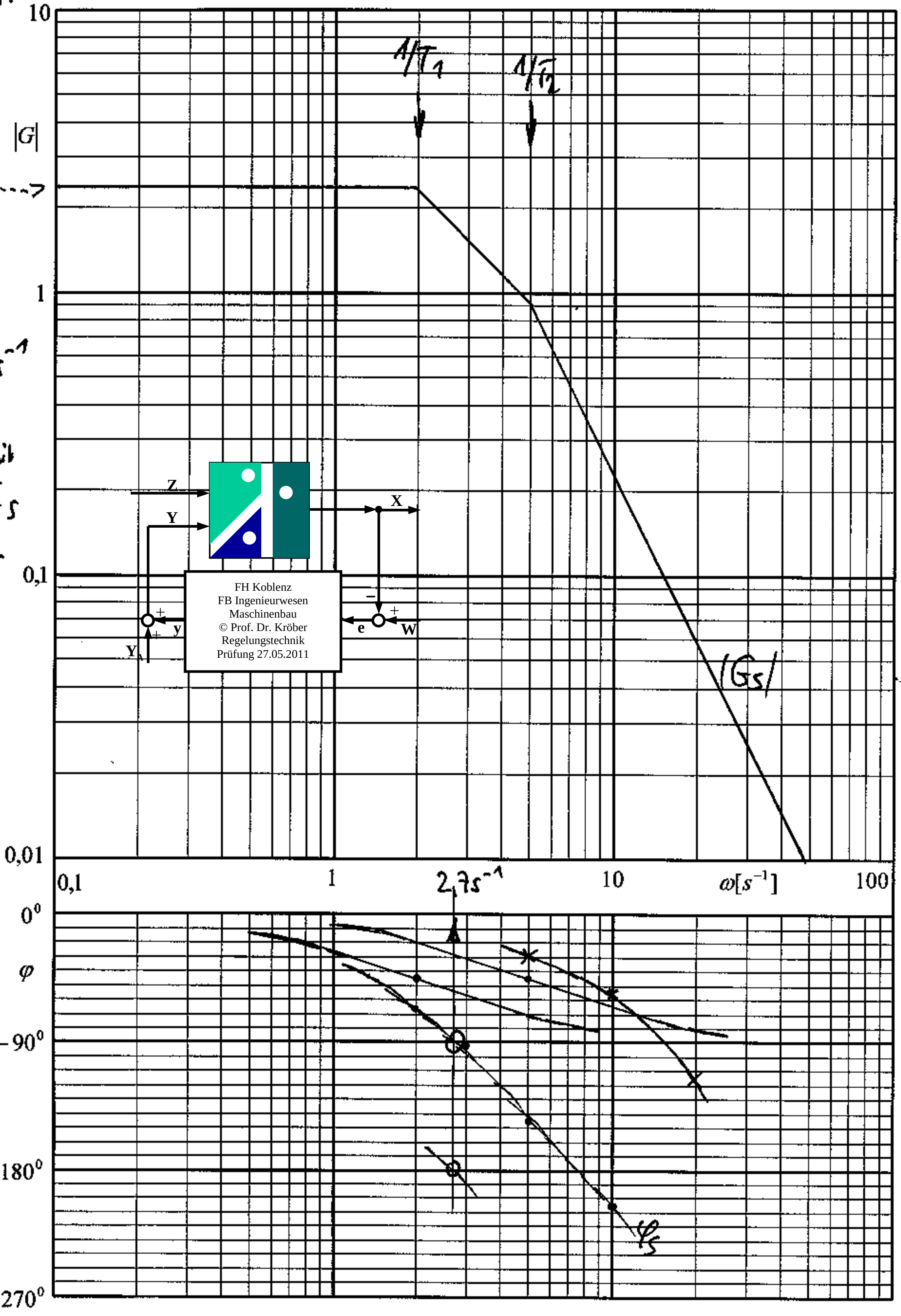
Zahlenwerte: $K_1 = 3$; $K_2 = 1$; $K_3 = 0{,}8$; $T_1 = 0{,}5s$; $T_2 = 0{,}2s$; $T_t = 0{,}1s$

Dann wird die Regelstrecke mit einem I-Regler an der Stabilitätsgrenze betrieben. Wie groß ist die Periodendauer der sich einstellenden Schwingung?

$K_1\cdot K_2\cdot K_3$
$= 3\cdot 1\cdot 0{,}8$
$= 2{,}4$

$\omega_{krit} = 2{,}7 s^{-1}$
$= \frac{2\pi}{T_{krit}}$

$T_{krit} = \frac{2\pi}{2{,}7} s$
$\approx 2{,}3 s$



Prüfung Regelungstechnik 27.05.11 / Blatt 1

zu 2, a) $$\frac{v_{i+1}+v_{i-1}-2\cdot v_i}{\Delta t^2} + 2\delta\,\frac{v_{i+1}-v_i}{\Delta t} + \omega_0^2 v_i = K\cdot\omega_0^2 u_i \quad \Big|\cdot \Delta t^2$$

$$v_{i+1}+v_{i-1}-2v_i + 2\delta\Delta t\,(v_{i+1}-v_i)+\omega_0^2\Delta t^2 v_i = K\omega_0^2\Delta t^2 u_i$$

$$\underline{\underline{v_{i+1}(1+2\delta\Delta t) = K\omega_0^2\Delta t^2 u_i + v_i(2+2\delta\Delta t-\omega_0^2\Delta t^2) - v_{i-1}}}$$

b) $1{,}10 = 1 + 2\cdot\delta\cdot\Delta t$

$$0{,}1 = 2\cdot\delta\cdot\Delta t \;\rightarrow\; \underline{\underline{\delta}} = \frac{0{,}1}{2\cdot\Delta t} = \frac{0{,}1}{2\cdot 0{,}05\,s} = \underline{\underline{1\,s^{-1}}}$$

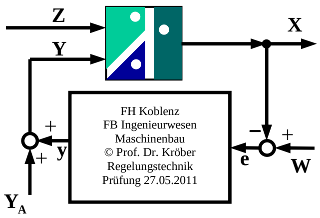
$2{,}06 = 2 + 2\cdot\delta\cdot\Delta t - \omega_0^2\Delta t^2$

$$\underline{\underline{\omega_0}} = \frac{1}{\Delta t}\sqrt{2+2\cdot\delta\cdot\Delta t-2{,}06} = \frac{1}{0{,}05\,s}\sqrt{2+2\cdot 1\cdot 0{,}05-2{,}06} = \underline{\underline{4\,s^{-1}}}$$

$K\omega_0^2\Delta t^2 = 0{,}08$

$$\underline{\underline{K}} = \frac{0{,}08}{(\omega_0\cdot\Delta t)^2} = \frac{0{,}08}{(4\cdot 0{,}05)^2} = \underline{\underline{2}}$$

zu 3) $x_1 = G_2\cdot v + x_2$ (Bem.: ohne Zeigerstriche)



$v = G_4\cdot x_2$

$x_2 = G_3(u + G_5 x_2 - G_1 x_1)$

eingesetzt:

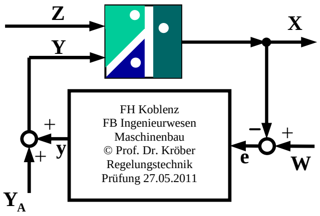
$$\frac{v}{G_4} = G_3\left(u + G_5\frac{v}{G_4} - G_1\left(G_2\cdot v + \frac{v}{G_4}\right)\right) \Big|\cdot G_4$$

$$v = G_3(G_4\cdot u + G_5\cdot v - G_1(G_2G_4\cdot v + v))$$

$$v(1 - G_3G_5 + G_1G_2G_3G_4\,v + G_1G_3) = G_3G_4\cdot u$$

$$\underline{\underline{G = \frac{v}{u} = \frac{G_3\cdot G_4}{1 - G_3G_5 + G_1G_3 + G_1G_2G_3G_4}}}$$

Prüfung Regelungstechnik 27.05.11 / Blatt 2



zu 4) $b(\dot u - \dot v) = c \cdot v$

$$b \cdot \dot u = b \cdot \dot v + c \cdot v \;\Big|\; \frac{1}{c}$$

$$v + \underbrace{\frac{b}{c}}_{T}\dot v = \underbrace{\frac{b}{c}}_{K_D}\dot u \quad \Rightarrow \text{DT}_1\text{-Glied}$$

zu 5) $(J_S + m l_S^2)\ddot\varphi = -K_P \cdot \varphi - K_D \cdot \dot\varphi + m \cdot g \cdot l_S \cdot \varphi$

$$(J_S + m l_S^2)\ddot\varphi + K_D \cdot \dot\varphi + (K_P - m \cdot g \cdot l_S)\varphi = 0 \;\Big|\cdot \frac{1}{J_S + m l_S^2}$$

$$\ddot\varphi + \underbrace{\frac{K_D}{J_S + m l_S^2}}_{2\delta}\dot\varphi + \underbrace{\frac{K_P - m \cdot g \cdot l_S}{J_S + m l_S^2}}_{\omega_0^2}\varphi = 0$$

$$\frac{\delta}{\omega_0} = \frac{\frac{K_D}{2(J_S + m l_S^2)}}{\sqrt{\frac{3 \cdot m \cdot g \cdot l_S - m g l_S}{J_S + m l_S^2}}} = \frac{K_D \sqrt{J_S + m l_S^2}}{2(J_S + m l_S^2)\sqrt{2 m g \cdot l_S}} \overset{!}{=} 1$$

$$\underline{\underline{K_D}} = \frac{2(J_S + m l_S^2)\sqrt{2 m g l_S}}{\sqrt{J_S + m l_S^2}} = \underline{\underline{2 \cdot \sqrt{2 m g \cdot l_S} \cdot \sqrt{J_S + m l_S^2}}}$$