Fachhochschule Koblenz Blatt 1 von 6
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Name ____________________

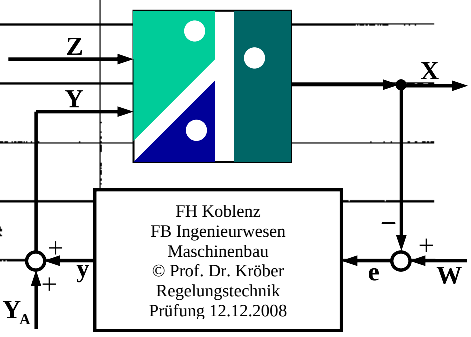
Matr.-Nr. ____________________

Regelungstechnik WS 08/09
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)

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



Note : ____________________

K U R Z F R A G E N :

1. Worin besteht der Unterschied zwischen einer Regelstrecke mit Ausgleich und einer Regelstrecke ohne Ausgleich? (3P)

   mit Ausgleich: Stellgröße wird verändert → Regelgröße strebt einem neuen festen Wert zu

   ohne Ausgleich: — " — → Regelgröße geht gegen Unendlich

2. Mit welchem Regler kann man folgende Regelstrecken regeln (einfachste Lösung ist gesucht)? (2P)

   Regelstrecke mit Ausgleich: I-Regler

   Regelstrecke ohne Ausgleich: P-Regler

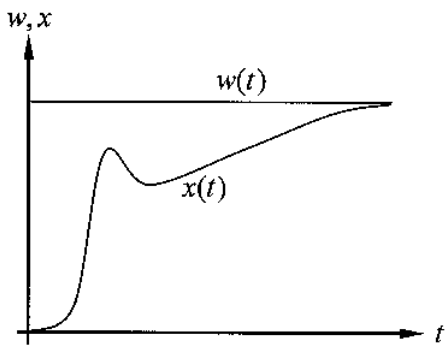
3. Bei einer Druckregelung wird ein PID-Regler verwendet. Wie müssen die Einstellwerte K_P, T_n und T_v verändert werden, wenn die Verstärkung des Messumformers verdoppelt wird? (3P)

   Kp halbieren Tn, Tv unverändert

4. Bei einem Regelkreis zeigt die Regelgröße bei einer sprungförmigen Veränderung des Sollwertes den abgebildeten Signalverlauf. Die Einstellwerte des eingesetzten PI-Reglers sind nicht optimal. Wie müssen die Parameter verändert werden? (3P)

   Kp↓

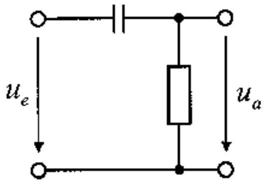
   Tn↓



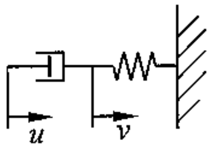
5. Welcher Teil der Differentialgleichung beschreibt das Einschwingverhalten? (1P)

   homogene Dgl.

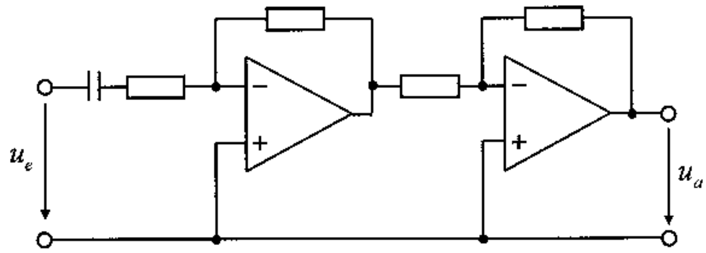
6. Welches Verhalten besitzen folgende Systeme? (3P)
(Falsches) Antwortbeispiel: IT_1



DT_1



DT_1

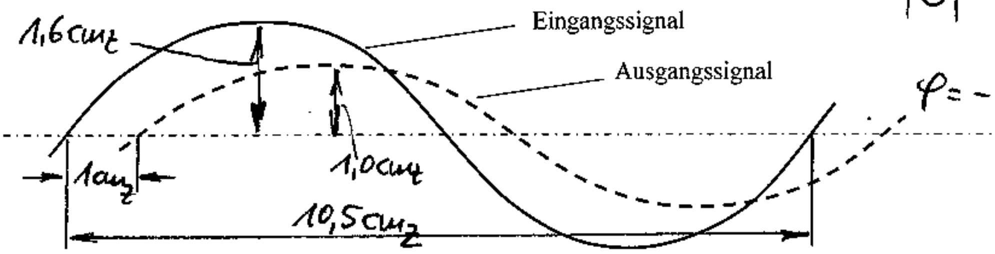


DT_1

7. Von einem System wurde das Eingangs- und Ausgangssignal aufgezeichnet. Ermitteln Sie $|G|$ und φ! (5P)

$|G| = \frac{1{,}0}{1{,}6} \approx 0{,}625$

$\varphi = -\frac{1{,}0}{10{,}5} \cdot 360° \approx -34°$

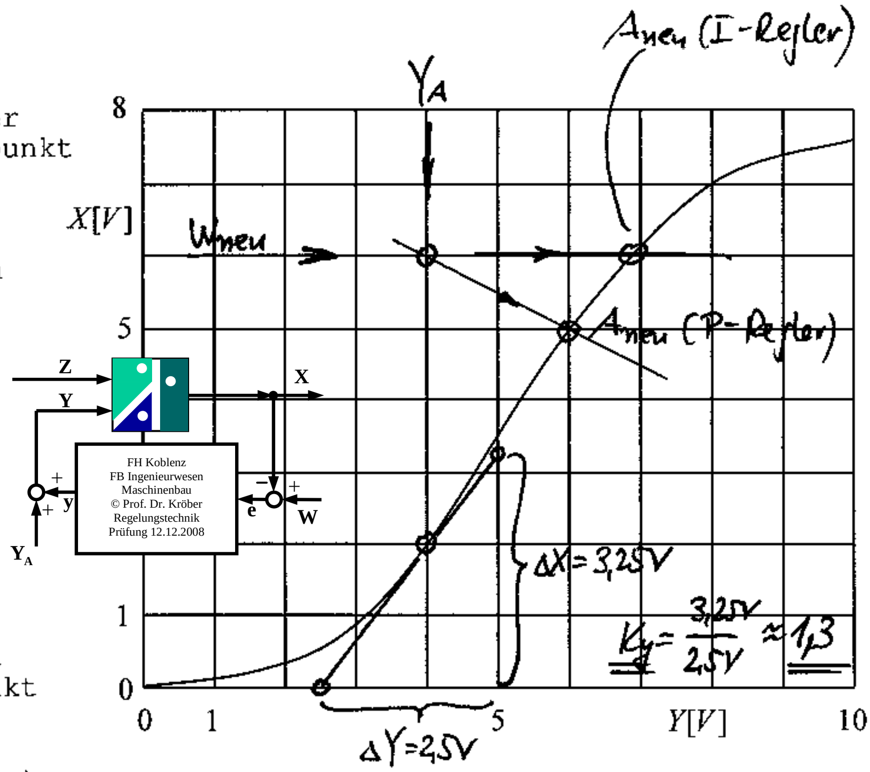


R E C H E N T E I L :

Aufgabe 1 (10P)

Die Abbildung zeigt das statische Kennfeld einer Regelstrecke. Ausgangspunkt ist der Arbeitspunkt bei $Y=Y_A=4V$.

a. Bestimmen Sie in dem Arbeitspunkt $Y=Y_A=4V$ den Parameter
$$K_y = \frac{\partial X}{\partial Y}\Big|_A \;!$$

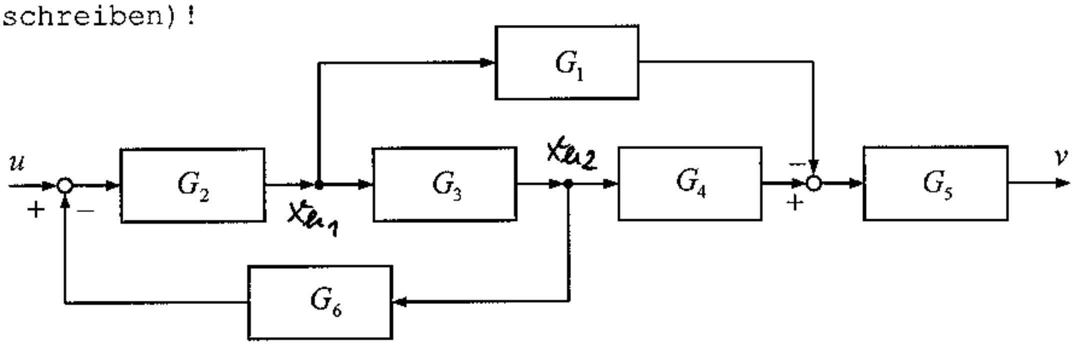


b. Die Anlage wird mit einem P-Regler betrieben ($K_p=2$). Der P-Regler wird so eingestellt, dass die Anlage zunächst in dem oben genannten Arbeitspunkt arbeitet ($Y_A=4V$, $W=W_{alt}=2V$). Dann wird der Sollwert verändert auf $W=W_{neu}=6V$. Welcher neue Arbeitspunkt stellt sich ein?
Hilfestellung: $Y = Y_A + K_p \cdot (W - X)$

c. Alternativ zu Fragestellung b. wird die Anlage mit einem I-Regler betrieben. Der Sollwert wird ebenfalls auf $W=W_{neu}=6V$ verstellt. Welcher neue Arbeitspunkt stellt sich ein?

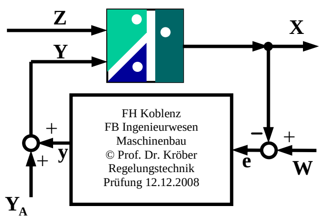
Aufgabe 2 (12P)

Bestimmen Sie den Frequenzgang $G = \frac{v}{u} = f(G_1, G_2, G_3, G_4, G_5, G_6)$ des abgebildeten Systems durch das Einführen von Hilfsgrößen (nicht das Ergebnis direkt hinschreiben)!



Aufgabe 3 (14P)

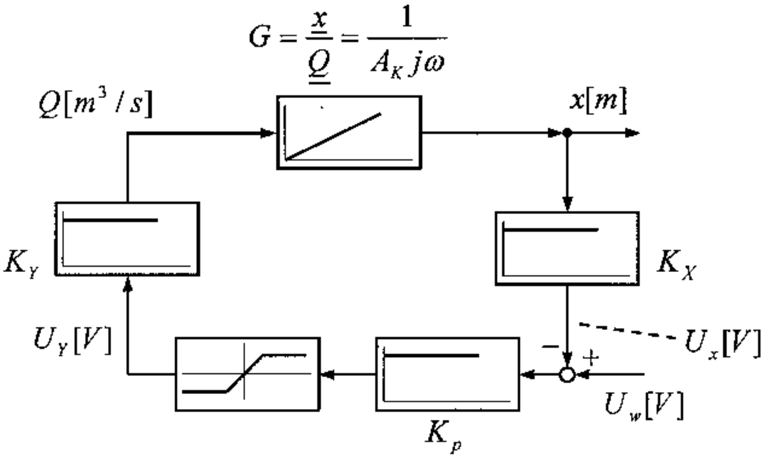
Im Labor der Regelungstechnik wird die folgende Positionsregelung untersucht. Die maximale Stellgröße ist begrenzt auf $U_Y = \pm 10V$. Betrachtet wird der Ausfahrvorgang des Zylinders. Der Zylinder steht zunächst in der Mitte ($U_W = U_X = 0V$) und soll dann ganz ausfahren.



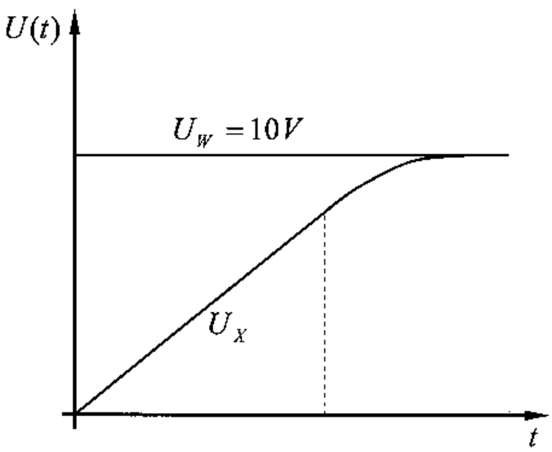
Zahlenwerte für die Rechnung:

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

Wirkungsplan:



Sprungantwort: Y_A



a. Wie groß ist die Ausfahrgeschwindigkeit des Zylinders zu Beginn der Ausfahrbewegung (Hinweis: Der Zylinder fährt zunächst mit maximaler Geschwindigkeit aus)?

b. Wie lange fährt er mit Maximalgeschwindigkeit aus?

c. Wie groß ist die Zeitkonstante des geregelten Systems?

Aufgabe 4 (10P)

Ein Pt100-Temperatursensor im Messtechnik-Labor hat eine Zeitkonstante von T=10s. Das dynamische Verhalten kann durch folgenden Frequenzgang beschrieben werden:

$$G_1 = \frac{1}{1 + j\omega T}$$

Diesem Frequenzgang wird ein Korrekturfilter in Reihe geschaltet. Der Frequenzgang des Korrekturfilters lautet:

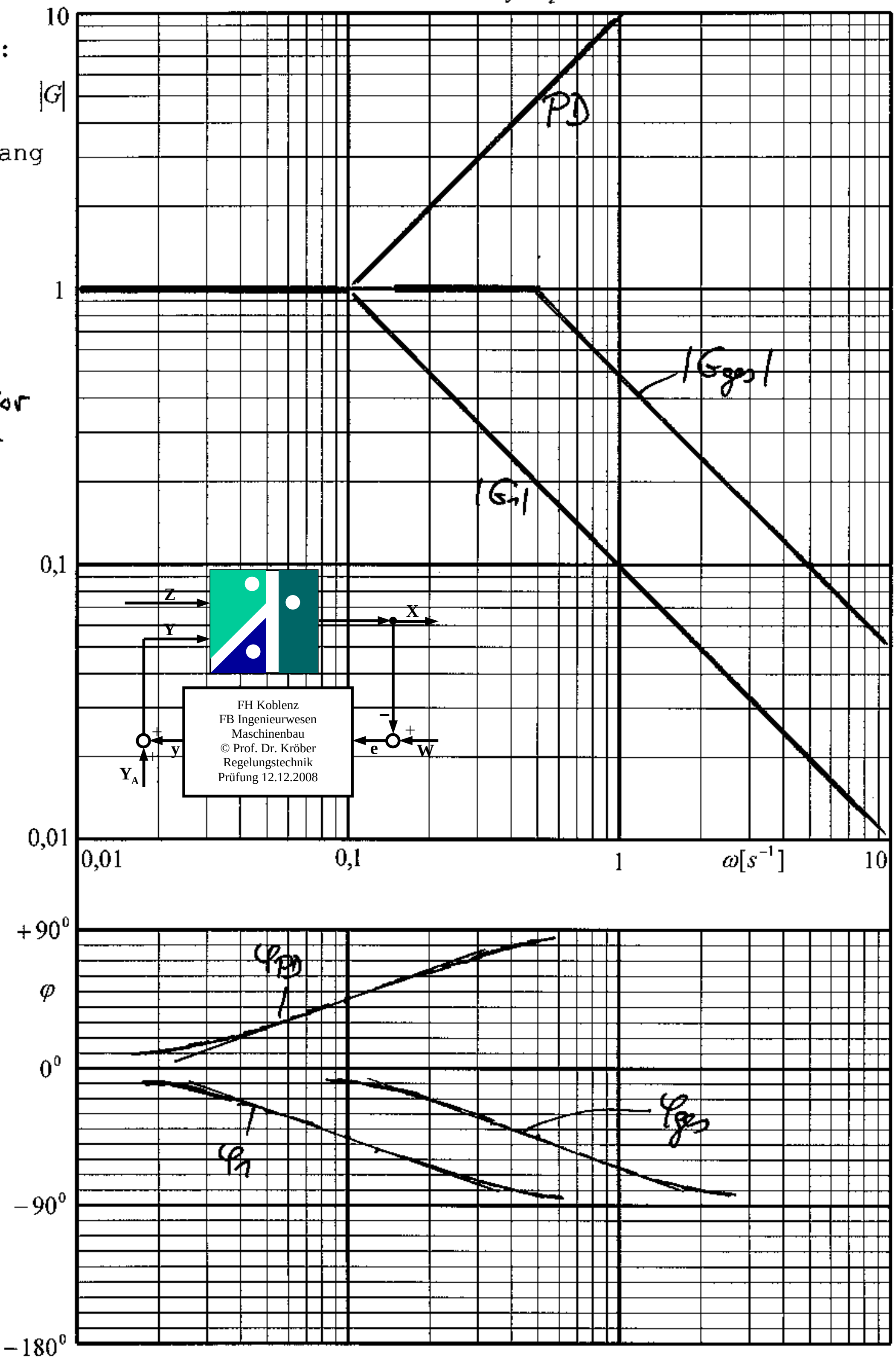
$$G_2 = \frac{1 + j\omega T_1}{1 + j\omega T_2}$$

Zahlenwerte Korrekturfilter:
T_1=10s; T_2=2s

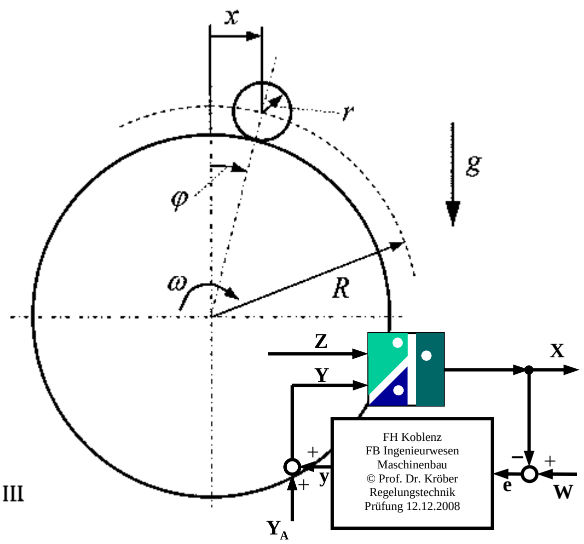
Ges.:
Gesamtfrequenzgang

Zusatzfrage:
Können Sie eine Interpretation des Ergebnisses angeben?

Temperatursensor um Faktor 5 schneller ($T_{neu} = 2s$)



Aufgabe 5 (12P)



Auf einem größeren Zylinder rollt eine kleine dünnwandige Kugel. Die Position der Kugel (Weg x) wird optisch erfasst. Die Position der Kugel kann durch eine geeignete Variation der Winkelgeschwindigkeit ω des Zylinders beeinflusst werden.

Mit Hilfe der Mechanik kann das Bewegungsverhalten der Kugel für kleine Auslenkungen x durch folgende Gleichung beschrieben werden:

$$\frac{5}{3}\cdot\ddot{x}-\frac{g}{R}\cdot x=\frac{2}{3}\cdot(R-r)\cdot\frac{d\omega}{dt} \quad \Longleftarrow \text{Technische Mechanik III}$$

Das Positionsmesssystem gibt den Weg als proportionale Spannung $U_x = K_X \cdot x$ aus. Für diese Anwendung wird sinnvollerweise ein PI-Regler eingesetzt. Ein Servomotor wandelt die Stellgröße U_Y in eine Winkelgeschwindigkeit $\omega = K_Y \cdot U_Y$ um. Für unsere Untersuchungen wird hier U_{Soll} gleich Null gesetzt. Zusammen mit allen Umformern kann der Regler dann beschrieben werden durch:

$$\omega = K_Y\cdot\left\{K_P\cdot(\underbrace{U_{Soll}}_{=0}-K_X\cdot x)+K_I\cdot\int(\underbrace{U_{Soll}}_{=0}-K_X\cdot x)\cdot dt\right\} \quad \Longleftarrow \text{Regelungstechnik}$$

Ermitteln Sie aus den beiden Gleichungen durch geeignetes Einsetzen eine (homogene) Differentialgleichung für das Gesamtsystem!

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

Können Sie aufgrund des Ergebnisses eine Bedingung für K_I angeben?

Aufgabe 6 (22P)

Von einem Regelkreis lautet der Frequenzgang des offenen Regelkreises:

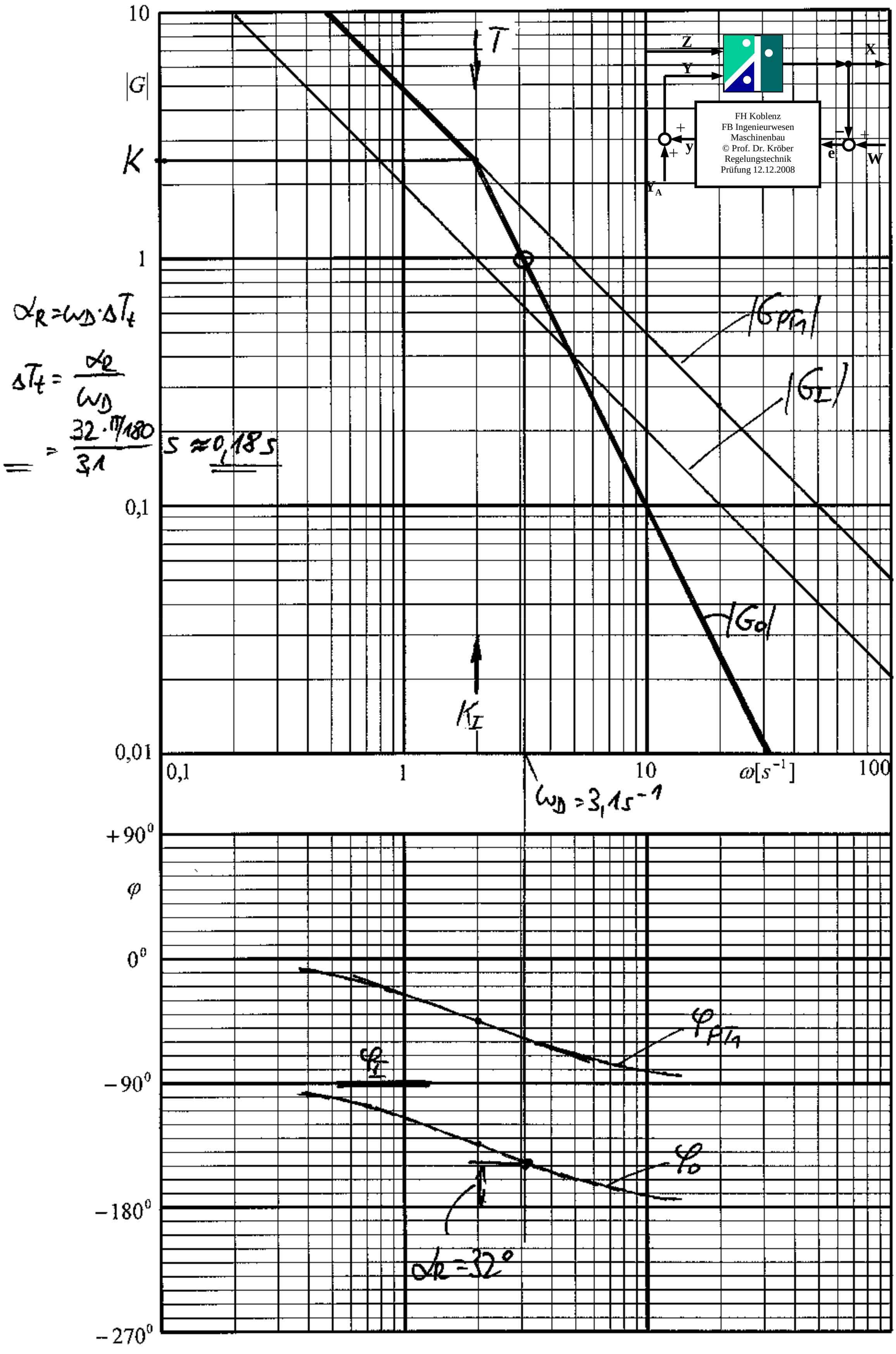
$$G_O=\frac{K\cdot K_I}{(1+j\omega T)\cdot j\omega} \qquad \text{Zahlenwerte: } K=2{,}5;\ K_I=2s^{-1};\ T=0{,}5s$$

a. Bestimmen Sie |G| und φ für $\omega = 8s^{-1}$ (numerische, rechnerische Lösung)!

b. Stellen Sie den Frequenzgang im Bode-Diagramm dar (Bode-Diagramm auf der nächsten Seite)!
Hinweis: Bei |G| reicht das Arbeiten mit den Asymptoten.

c. Wie groß darf eine dem Regelkreis hinzugefügte Totzeit sein, damit der Regelkreis gerade an der Stabilitätsgrenze arbeitet?

hier graphische Lösung zu Aufgabe 6:



Lösungen Prüfung Regelungstechnik 12.12.08 | Blatt 1

zu 2)

$$\underline{x}_{e1} = G_2 (\underline{u} - G_6 \cdot \underline{x}_{e2}) \quad (1)$$

$$\underline{x}_{e2} = G_3 \cdot \underline{x}_{e1} \quad (2)$$

$$\underline{v} = G_5 (G_4 \underline{x}_{e2} - G_1 \cdot \underline{x}_{e1}) \quad (3)$$

(2) in (1): $\underline{x}_{e1} = G_2 (\underline{u} - G_6 \cdot G_3 \underline{x}_{e1}) \Rightarrow \underline{x}_{e1} (1 + G_2 G_3 G_6) = G_2 \cdot \underline{u}$

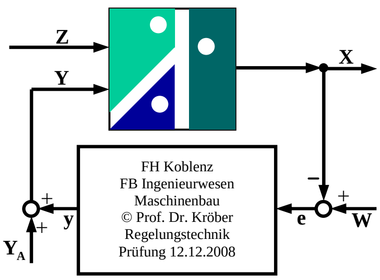
$$\underline{x}_{e1} = \frac{G_2}{1 + G_2 \cdot G_3 G_6} \underline{u}$$

(2) in (3):

$$\underline{v} = G_5 (G_4 \cdot G_3 \cdot \underline{x}_{e1} - G_1 \cdot \underline{x}_{e1})$$

$$= G_5 (G_3 G_4 - G_1) \cdot \underline{x}_{e1}$$

$$\underline{v} = \underbrace{\frac{G_2 \cdot G_5 (G_3 G_4 - G_1)}{1 + G_2 G_3 G_6}}_{G} \cdot \underline{u}$$



zu 3, a) $Q = K_y \cdot U_y = 5 \cdot 10^{-6} \frac{m^3/s}{V} \cdot 10V = 50 \cdot 10^{-6} m^3/s$

$$Q = A_K \cdot \dot{x} \Rightarrow \dot{x} = \frac{Q}{A_K} = \frac{50 \cdot 10^{-6} m^3/s}{5 \cdot 10^{-4} m^2} = 0{,}1 m/s$$

b) wegen $K_P = 5$ fährt Zylinder 80% des Gesamtweges mit $U_{ymax} = 10V$ aus (zunächst wäre $U_{ymax} = 5(10V - 0V) = 50V$).

Gesamtweg: $U_x = K_x \cdot x \rightarrow x = \frac{U_x}{K_x} = \frac{10V}{50V/m} = 0{,}2m$

davon 80% $\Rightarrow 0{,}16m$

$$\dot{x} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{\dot{x}} = \frac{0{,}16m}{0{,}1m/s} = 1{,}6s$$

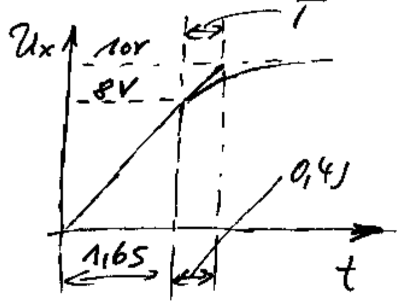
c) $$G_w = \frac{K_p K_y \frac{1}{A_K j\omega}}{1 + K_p K_y \frac{1}{A_K j\omega} \cdot K_x} \cdot \frac{j\omega}{j\omega} = \frac{K_p K_y \frac{1}{A_K}}{j\omega + K_p K_y \frac{1}{A_K} K_x} \cdot \frac{\frac{A_K}{K_p K_y K_x}}{\frac{A_K}{K_p K_y K_x}}$$

$$= \frac{1/K_x}{1 + j\omega \left(\frac{A_K}{K_p K_y K_x}\right) \hat{=} T}$$

noch zu 3, c)

$$\underline{\underline{T}} = \frac{A_K}{K_p K_y K_x} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 50}\,s = \underline{\underline{0{,}4\,s}}$$

oder auch:



zu 5)

$$\mathring{\omega} = K_y\{-K_p K_x \mathring{x} - K_I K_x \cdot x\}$$
$$= -K_y K_p K_x \mathring{x} - K_y K_I K_x \cdot x$$

eingesetzt:

$$\frac{5}{3}\ddot{x} - \frac{g}{R}x = \frac{2}{3}(R-r)\left[-K_y K_p K_x \mathring{x} - K_y K_I K_x \cdot x\right]$$

$$\frac{5}{3}\ddot{x} + \frac{2}{3}(R-r)K_y K_p K_x \cdot \mathring{x} + \left[\frac{2}{3}(R-r)K_y K_I K_x - \frac{g}{R}\right]x = 0 \quad \Big| \cdot \frac{3}{5}$$

$$\ddot{x} + \underbrace{\frac{2}{5}(R-r)K_y K_p K_x}_{2\delta}\mathring{x} + \underbrace{\left[\frac{2}{5}(R-r)K_y K_I K_x - \frac{3}{5}\frac{g}{R}\right]}_{\omega_0^2}x = 0$$

Bed. für K_I: $\omega_0^2 > 0$

$$\underline{\underline{K_I}} > \frac{\frac{3}{\cancel{5}} \cdot \frac{g}{R}}{\frac{2}{\cancel{5}}(R-r)K_y \cdot K_x} = \underline{\underline{\frac{3 \cdot g}{2R(R-r)K_y \cdot K_x}}}$$

zu 6)

$$G_0 = \underbrace{\frac{K}{1+j\omega T}}_{PT_1} \cdot \underbrace{\frac{K_I}{j\omega}}_{I} \Rightarrow |G_0| = \frac{K \cdot K_I}{\sqrt{1+(\omega T)^2} \cdot \omega}$$

$$= \frac{2{,}5 \cdot 2\,s^{-1}}{\sqrt{1+(8 \cdot 0{,}5)^2} \cdot 8\,s^{-1}} = \underline{\underline{0{,}1516}}$$

$$\tan\varphi_{PT_1} = -\omega \cdot T = -8 \cdot 0{,}5 = -4 \Rightarrow \varphi_{PT_1} = -75{,}96°$$

$$\varphi_I = -90°$$

$$\underline{\underline{\varphi_R}} = \varphi_0 = \varphi_{PT_1} + \varphi_I = -75{,}96° - 90° = \underline{\underline{-165{,}96°}}$$