

Regelungstechnik WS 13/14
 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 :

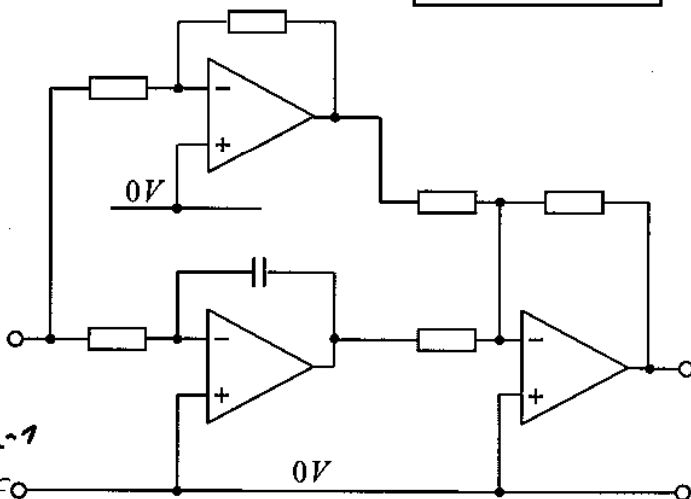
1. Die Schaltung zeigt einen PI-Regler. Alle Widerstände seien $10k\Omega$, die Kapazität des Kondensators beträgt $10\mu F$. Wie groß sind K_p , T_n und K_I ? (4P)

$$K_p = 1$$

$$T_n = R \cdot C = 10 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6} s$$

$$T_n = 91 s$$

$$\frac{K_I}{K_p} = \frac{1}{T_n} \Rightarrow K_I = \frac{K_p}{T_n} = \frac{1}{91 s} = 10 s^{-1}$$



2. Der angegebene Frequenzgang besteht aus einer Reihenschaltung eines I-Gliedes mit einem PT_2 -Glieder. (4P)

$$G = \frac{x}{Q} = \frac{1}{A_K \cdot j\omega} \cdot \frac{1}{1 + \frac{V \cdot m}{(E_{01} \cdot A_K)^2} (j\omega)^2} = \frac{1}{\omega} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{\omega^2}}$$

Wie groß ist die Eigenkreisfrequenz des Systems?

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{E_{01} \cdot A_K^2}{V \cdot m}}$$

Wie groß ist der Dämpfungsgrad des PT_2 -Glieder?

Termin mit $2s(\mu)$ fehlt $\Rightarrow \zeta/\omega_0 = 0$

3. Bei welchem Übertragungselement ändert sich bei Parametervariation nur die Phasenverschiebung (und nicht $|G|$)? (2P)

Totzeit

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungspunkte

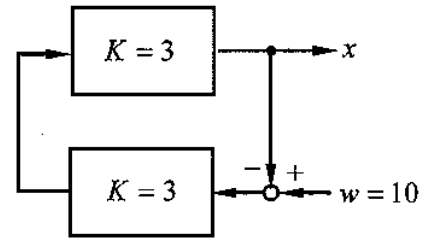
HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 29.11.2013

4. Für das statische Verhalten des abgebildeten Regelkreises gilt die angegebene Gleichung. Welcher Wert stellt sich für die Regelgröße ein? Wie groß ist die bleibende Regeldifferenz?

(4P)

$$x = \frac{K_p \cdot K_s}{1 + K_p \cdot K_s} \cdot w = \frac{3 \cdot 3}{1 + 3 \cdot 3} \cdot 10 = 9$$

$$e = w - x = 10 - 9 = 1$$

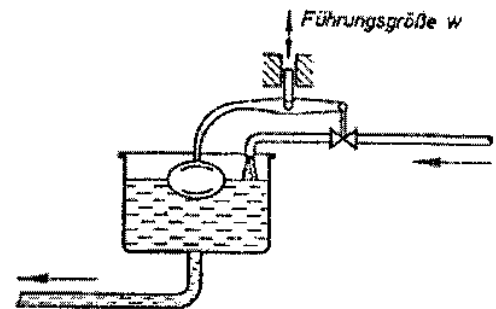


$$G_w = \frac{x}{w} = \frac{K_p \cdot K_s}{1 + K_p \cdot K_s}$$

5. Welches Verhalten haben bei der abgebildeten Füllstandsregelung

die Regelstrecke: I
 der Regler: P

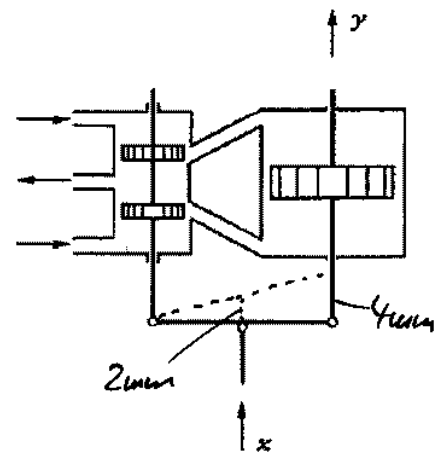
(4P)



6. Bei dem abgebildeten hydraulischen Verstärker wird die Eingangsgröße x plötzlich verändert (in der Skizze z.B. 2 mm nach oben). Welche Endposition stellt sich dann für den Arbeitskolben (y) ein?

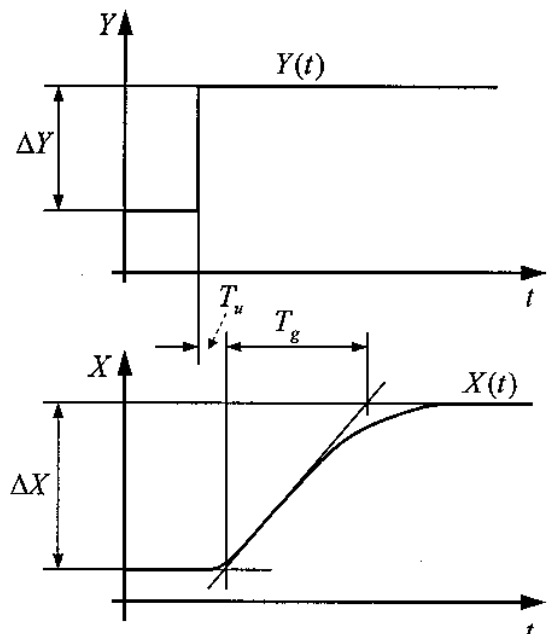
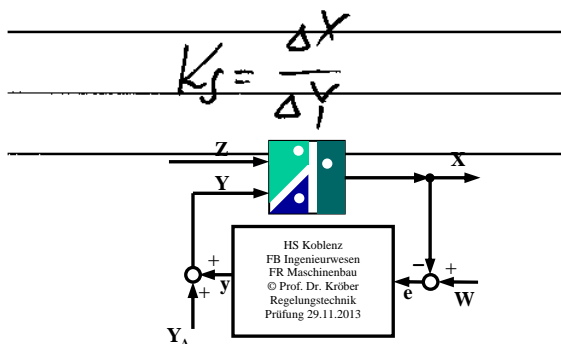
(4P)

wegen Symmetrie „Hebel“

$$x = 2 \cdot 2 \text{ mm} = 4 \text{ mm}$$


7. Bei der Reglerauslegung nach der Sprungantwort wird unter anderem die Verstärkung der Regelstrecke ermittelt. Wie ergibt sich diese Verstärkung aus den in der Skizze eingetragenen Größen?

(3P)

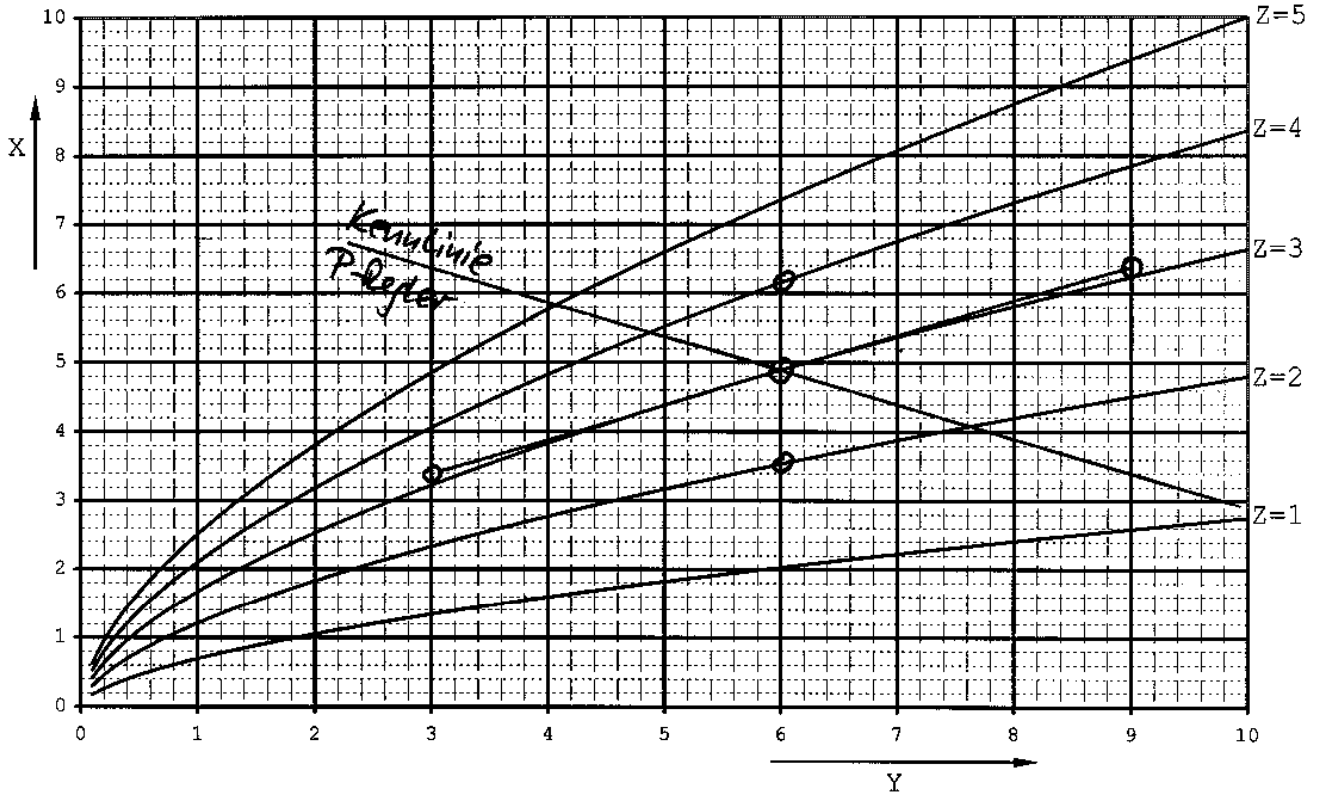
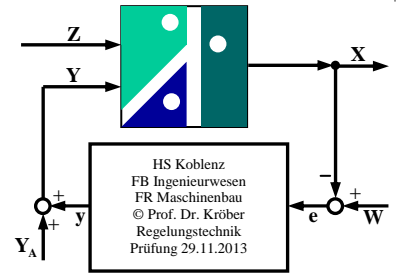


RECHENTEIL :

Aufgabe 1 (22P)

In der Graphik ist folgendes Kennfeld dargestellt:

$$X = f(Y, Z) = \frac{10}{5^{0,8} \cdot 10^{0,6}} \cdot Z^{0,8} \cdot Y^{0,6} \approx 0,6931 \cdot Z^{0,8} \cdot Y^{0,6}$$



Im Folgenden wird der Arbeitspunkt $Y_A = 6$ und $Z_A = 3$ betrachtet.

- a. Bestimmen Sie in dem Arbeitspunkt auf graphischen Wege sowie rechnerisch durch partielle Ableitung die Koeffizienten

$$K_Y = \frac{\partial X}{\partial Y} \Big|_A \quad \text{und} \quad K_Z = \frac{\partial X}{\partial Z} \Big|_A !$$

- b. Tragen Sie in das Diagramm die Kennlinie eines P-Reglers ($K_p = 2$) ein, der genau durch den Arbeitspunkt geht!

Hilfestellung: $Y = Y_A + K_p \cdot (X - X_A)$

$$\underline{K_Y} = \frac{6,4 - 3,4}{9 - 3} = \underline{0,50} \quad \underline{K_Z} = \frac{6,2 - 3,5}{4 - 2} = \underline{1,35}$$

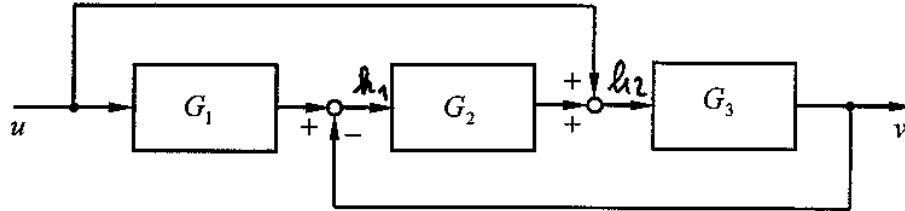
$$\underline{K_Y} = \frac{\partial X}{\partial Y} \Big|_A = 0,6931 \cdot Z^{0,8} \cdot 0,6 \cdot Y^{-0,4} \Big|_A = 0,6931 \cdot 3^{0,8} \cdot 0,6 \cdot 6^{-0,4} = \underline{0,489}$$

$$\underline{K_Z} = \frac{\partial X}{\partial Z} \Big|_A = 0,6931 \cdot 0,8 \cdot Z^{-0,2} \cdot Y^{0,6} \Big|_A = 0,6931 \cdot 0,8 \cdot 3^{-0,2} \cdot 6^{0,6} = \underline{1,304}$$

b) Steigung $-\frac{1}{K_p} = -\frac{1}{2}$ (Gerade durch Arbeitspunkt)

Aufgabe 2 (14P)

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



Aufgabe 3 (14P)

Der Ausfahrvorgang eines einfach wirkenden Zylinders (an dem Zylinder greift keine äußere Kraft an) kann durch die folgenden beiden Gleichungen beschrieben werden:

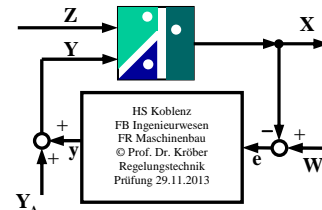
$$Q = A_K \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{V}{E_{Ol}} \cdot \frac{dp}{dt} \quad \text{sowie} \quad m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} = p \cdot A_K$$

a. Weisen Sie durch "Einsetzen" (z.B.) nach, dass man daraus folgende Gleichung herleiten kann:

$$\frac{V \cdot m}{E_{Ol} \cdot A_K} \cdot \frac{d^3x}{dt^3} + A_K \cdot \frac{dx}{dt} = Q$$

b. Bilden Sie aus dieser Differentialgleichung durch Einführung von Zeigergrößen folgenden Frequenzgang (Nachweis erbringen!):

$$G = \frac{x}{Q} = \frac{1}{A_K \cdot j\omega} \cdot \frac{1}{1 + \frac{V \cdot m}{E_{Ol} \cdot A_K^2} (j\omega)^2}$$



Aufgabe 4 (16P)

Von einem digitalen PI-Regler sind von drei aufeinander folgenden Zeitpunkten die Ein- und Ausgangsgrößen bekannt.

Zeitpunkt i:	e = 0	y = 0
Zeitpunkt i+1:	e = 3	y = 9,3
Zeitpunkt i+2:	e = 3	y = 9,6

Der Zeitschritt beträgt $\Delta t = 0,1$ Sekunden.

Wie groß sind die Einstellparameter des PI-Reglers?

Hilfestellung, Rekursionsgleichung eines PID-Reglers:

$$y_i = y_{i-1} + K_p \cdot \left[\left(1 + \frac{\Delta t}{T_n} + \frac{T_v}{\Delta t} \right) \cdot e_i - \left(1 + 2 \cdot \frac{T_v}{\Delta t} \right) \cdot e_{i-1} + \frac{T_v}{\Delta t} \cdot e_{i-2} \right]$$

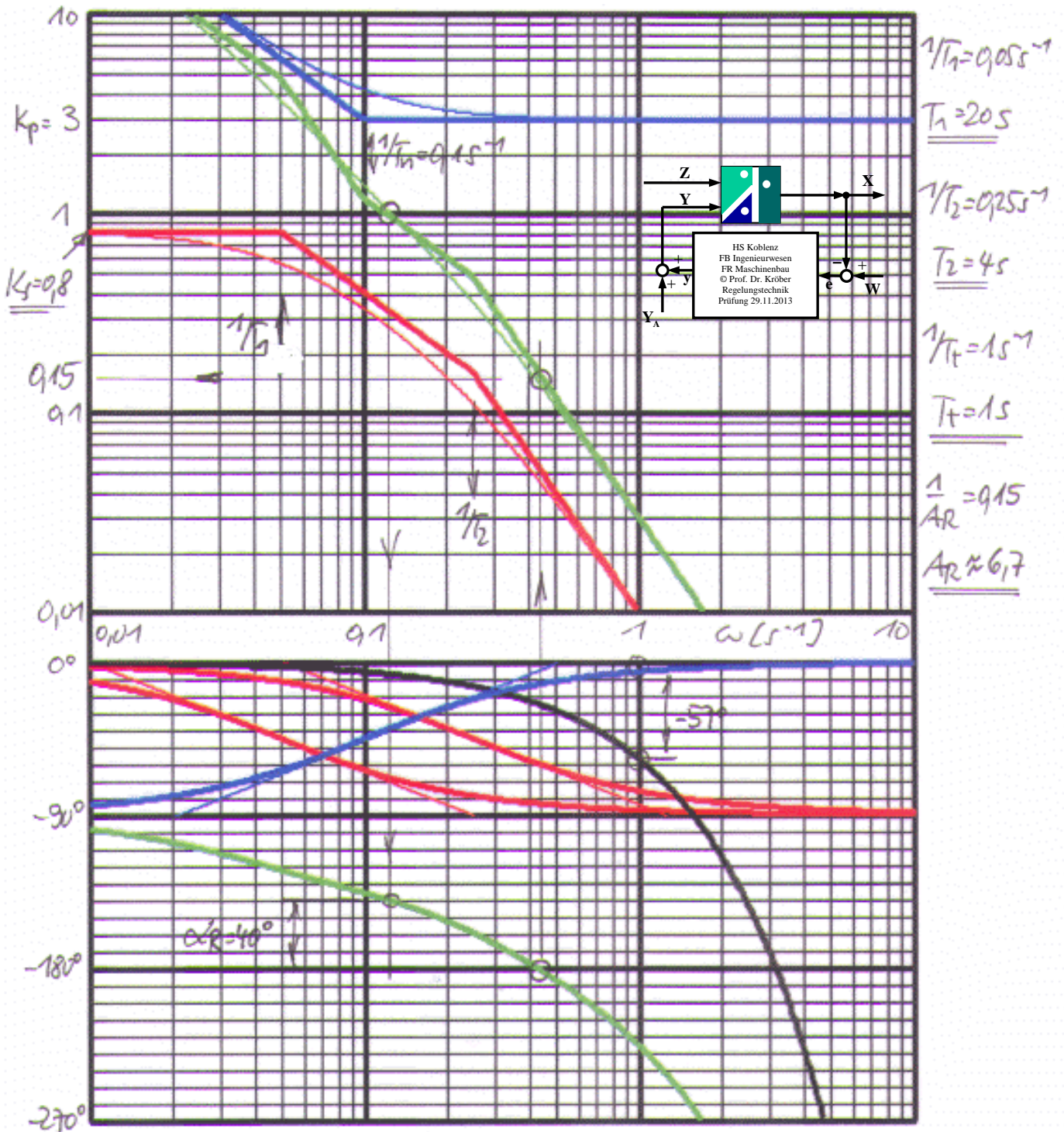
Aufgabe 5 (16P)

Nach der Eingabe von Parametern kann man mit einer sogenannten APP ein Bode-Diagramm erstellen. Der APP liegt folgender Frequenzgang zugrunde:

$$G_0 = \frac{K_S}{(1 + j\omega T_1)(1 + j\omega T_2)} \cdot e^{-j\omega T_t} \cdot K_P \cdot \left(1 + \frac{1}{T_n j\omega}\right)$$

Dabei sind hier $K_P = 3$ und $T_n = 10s$ eingegeben.

- Wie groß sind die eingegebenen Parameter K_S , T_1 , T_2 und T_t !
- Wie groß sind die Amplitudenreserve und die Phasenreserve?

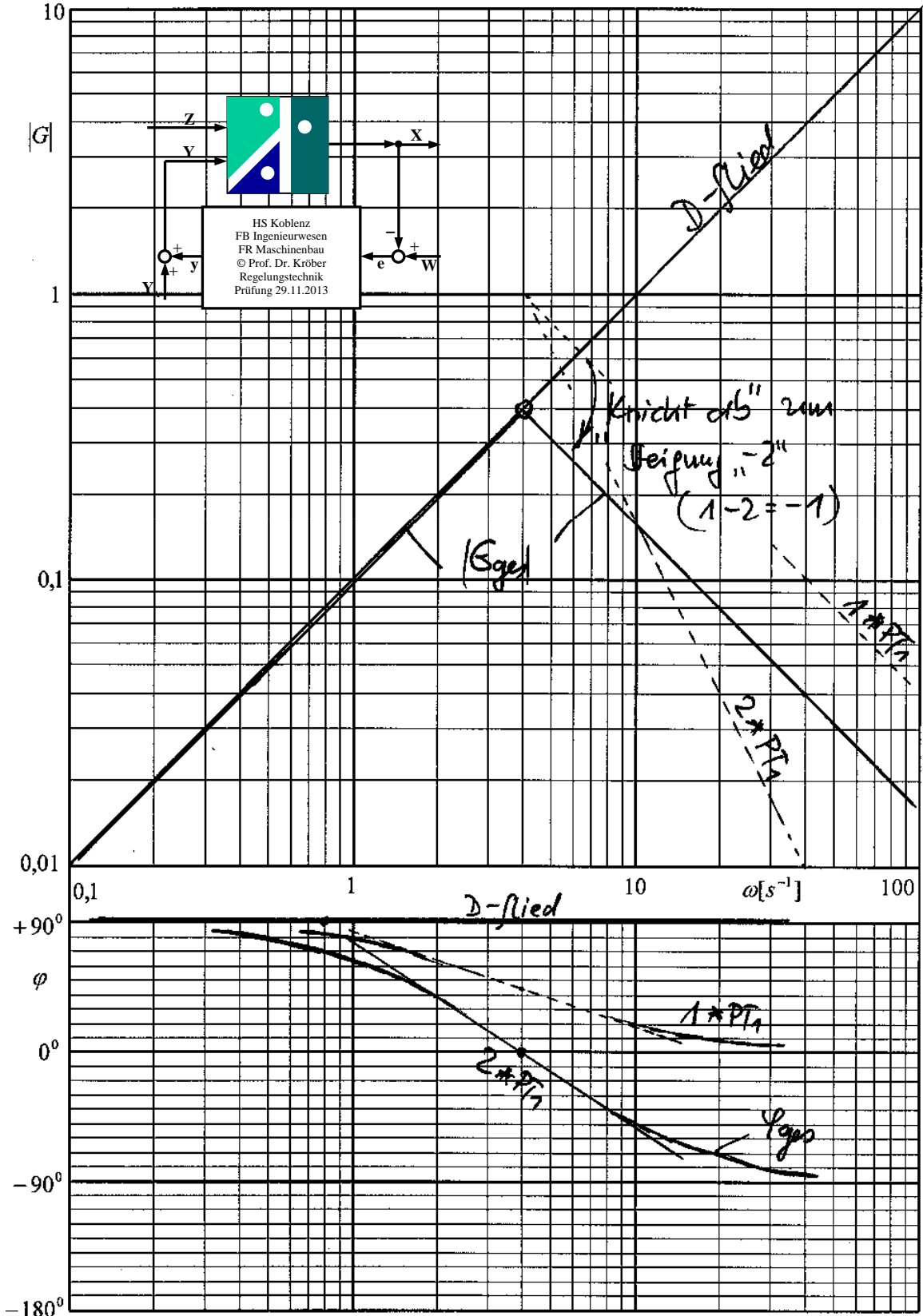


Aufgabe 6 (18P)

Tragen Sie den angegebenen Frequenzgang in das Bode-Diagramm ein!

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

Zahlenwerte: $K_D = 0,1 \text{ s}$; $T = 0,25 \text{ s}$



Prüfung Regelungstechnik vom 29.11.13

$$\begin{aligned} u2) \quad & \left. \begin{aligned} h_1 &= G_1 \cdot u - v \\ h_2 &= u + G_2 h_1 \end{aligned} \right\} h_2 = u + G_2 (G_1 \cdot u - v) \\ & v = G_3 \cdot h_2 \end{aligned}$$

$$v = G_3 [u + G_2 (G_1 \cdot u - v)] = G_3 \cdot u + G_3 G_2 G_1 u - G_3 G_2 v$$

$$v (1 + G_2 G_3) = u (G_3 + G_1 G_2 G_3) \Rightarrow \underline{\underline{G = \frac{v}{u} = \frac{G_3 (1 + G_1 G_2)}{1 + G_2 G_3}}}$$

$$u3) \quad m \ddot{x} = p \cdot A_k \Rightarrow \dot{p} = \frac{m}{A_k} \cdot \overset{\circ\circ\circ}{x} \quad \text{in } Q = A_k \cdot \overset{\circ}{x} + \frac{V}{E_a} \cdot \overset{\circ\circ}{p}$$

$$Q = A_k \cdot \overset{\circ}{x} + \frac{V}{E_a} \left(\frac{m}{A_k} \overset{\circ\circ\circ}{x} \right)$$

$$\underline{\underline{Q = A_k \frac{dx}{dt} + \frac{V \cdot m}{E_a \cdot A_k} \cdot \frac{d^3 x}{dt^3}}}$$

$$Q = A_k (j\omega) \underline{x} + \frac{V \cdot m}{E_a \cdot A_k} (j\omega)^3 \underline{x} = \underline{x} \left(A_k j\omega + \frac{V \cdot m}{E_a \cdot A_k} (j\omega)^3 \right)$$

$$\underline{\underline{G = \frac{\underline{x}}{\underline{Q}} = \frac{1}{A_k (j\omega) + \frac{V \cdot m}{E_a \cdot A_k} (j\omega)^3} = \frac{1}{A_k (j\omega)} \cdot \frac{1}{1 + \frac{V \cdot m}{E_a \cdot A_k^2} (j\omega)^2}}}$$

$$u4) \quad y_i = y_{i-1} + k_p \left(1 + \frac{\Delta t}{T_n}\right) e_i - k_p e_{i-1} \quad (PI; T_r = 0)$$

$$g_{i,3} = 0 + k_p \left(1 + \frac{\Delta t}{T_n}\right) \cdot 3 - k_p \cdot 0$$

$$\boxed{g_{i,1} = k_p \left(1 + \frac{\Delta t}{T_n}\right) = k_p + k_p \frac{\Delta t}{T_n}} \quad \textcircled{1}$$

$$g_{i,6} = g_{i,3} + k_p \left(1 + \frac{\Delta t}{T_n}\right) \cdot 3 - k_p \cdot 3$$

$$g_{i,3} = k_p \frac{\Delta t}{T_n} \cdot 3$$

$$\boxed{g_{i,1} = k_p \cdot \frac{\Delta t}{T_n}} \quad \textcircled{2}$$

$$\textcircled{2} \text{ in } \textcircled{1}: \quad g_{i,1} = k_p + g_{i,1} \Rightarrow \underline{\underline{k_p = 3}}$$

$$\text{in } \textcircled{2}: \quad g_{i,1} = 3 \cdot \frac{\Delta t}{T_n} \Rightarrow \underline{\underline{T_n = \frac{3 \cdot \Delta t}{g_{i,1}} = \frac{3 \cdot 915}{91} = 35}}$$

