

Regelungstechnik WS 12/13
 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 : _____

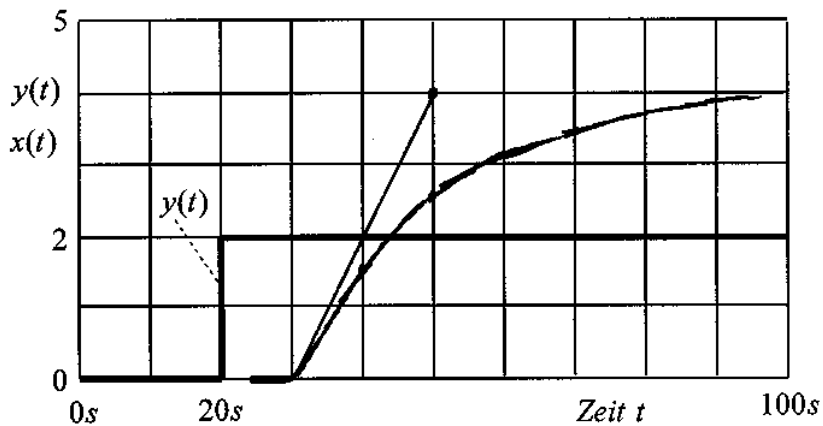
Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

Lösungsweg

HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 30.11.2012

K U R Z F R A G E N :

1. Eine Regelstrecke besteht aus einer Totzeit ($K = 1$ und $T_t = 10$ s) und einem PT_1 -Glied ($K = 2$; $T = 20$ s). Auf die Regelstrecke wirkt die unten eingetragene Stellgröße (eingetragene Sprungfunktion bei $t = 20$ s). Skizzieren Sie den Verlauf der Regelgröße! (5 P)



2. Mit den Daten aus Fragestellung 1 soll ein Regler ausgelegt werden. Wie groß sind die Daten K_s , T_v und T_g ? (3 P)

$K_s = 2 ; T_v = 10s ; T_g = 20s$

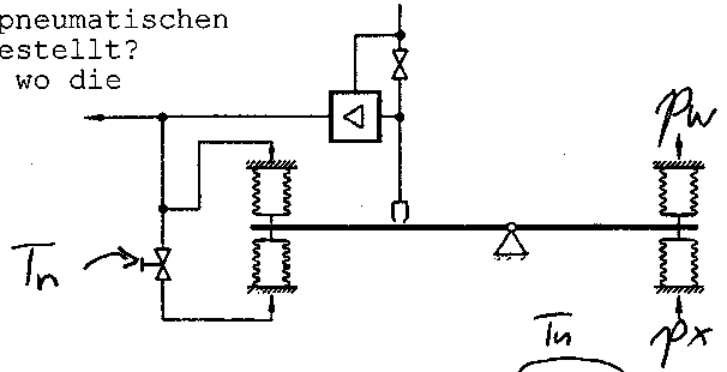
3. Beim Eintragen eines PT_1 -Gliedes im Bode-Diagramm werden vereinfacht stets "nur" die Asymptoten eingetragen. Wie groß ist dabei der Fehler bzw. die Abweichung bei der Kreisfrequenz $\omega = 1/T$? (2 P)

$\sqrt{2}$ bzw. $1/\sqrt{2}$

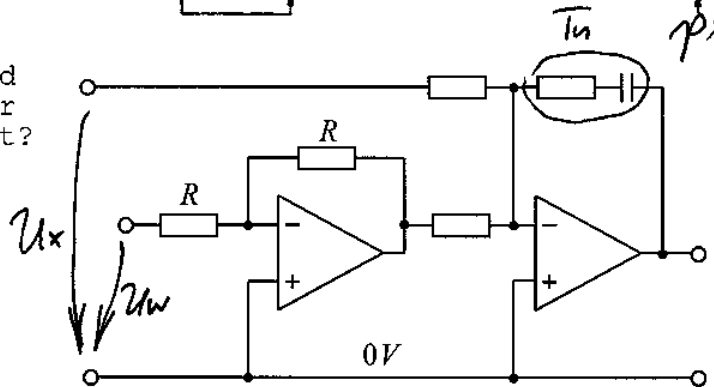
4. Der Satz "Bei einer Regelstrecke ohne Ausgleich lässt sich durch einen D -Regler eine einfache brauchbare Regelung realisieren." ist nicht richtig. Wie muss die richtige Antwort lauten? (2 P)

P-Regler

5. Wo wird bei dem abgebildeten pneumatischen Regler die Nachstellzeit eingestellt?
 Wo wird die Führungsgröße und wo die Regelgröße angeschlossen?
 (3P)



6. Durch welche Bauelemente wird bei dem elektronischen Regler die Nachstellzeit eingestellt?
 Wo wird die Führungsgröße und wo die Regelgröße angeschlossen?
 (3P)

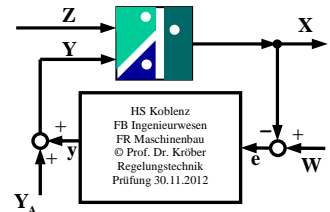


7. Was versteht man unter dem Begriff Kreisverstärkung?
 (2P)

Multiplikation aller statischen Übertragungsfaktoren im Regelkreis z.B. $K_p \cdot K_s$

RECHENTEIL :

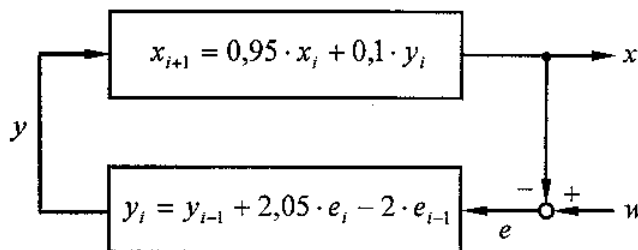
Aufgabe 1 (12P)



Ein Regelkreis wird durch zwei Rekursionsgleichungen beschrieben. Der verwendete Zeitschritt beträgt $\Delta t = 0,1$ Sekunden. Bei der Regelstrecke handelt es sich um ein PT_1 -Glied, der Regler kann allgemein beschrieben werden durch:

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

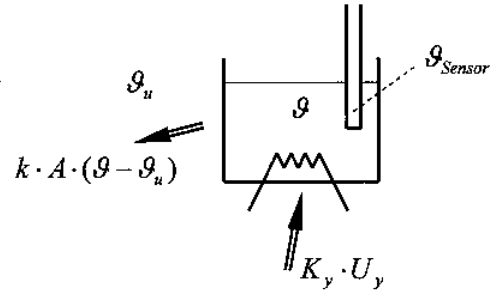
Hilfestellungen PT_1 : $v + T \cdot \frac{dv}{dt} = K \cdot u$ bzw. $v_{i+1} = v_i \cdot \left(1 - \frac{\Delta t}{T} \right) + u_i \cdot \left(K \cdot \frac{\Delta t}{T} \right)$



Wie groß sind die Werte für K , T , K_p , T_n und T_v ?

Aufgabe 2 (10P)

Im Laborraum Mess- und Regelungstechnik wird einem Wasserbehälter die Leistung $K_y \cdot U_y$ zugeführt. Durch eine unvollkommene Isolierung wird der Wärmestrom $k \cdot A \cdot (\vartheta - \vartheta_u)$ wieder an die Umgebung abgegeben. Die Temperatur des Wassers wird mit einem Temperatursensor gemessen. Ein Messumformer gibt dann eine temperaturproportionale Spannung U_x aus. Dieses Signal wird als Rückführungssignal für den eingesetzten PI-Regler verwendet.

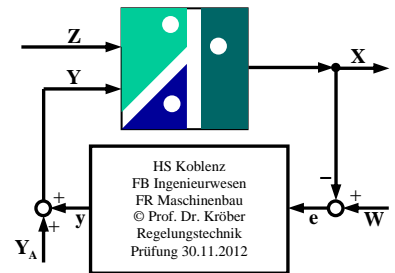


Das Gesamtsystem kann durch die folgenden drei Gleichungen beschrieben werden:

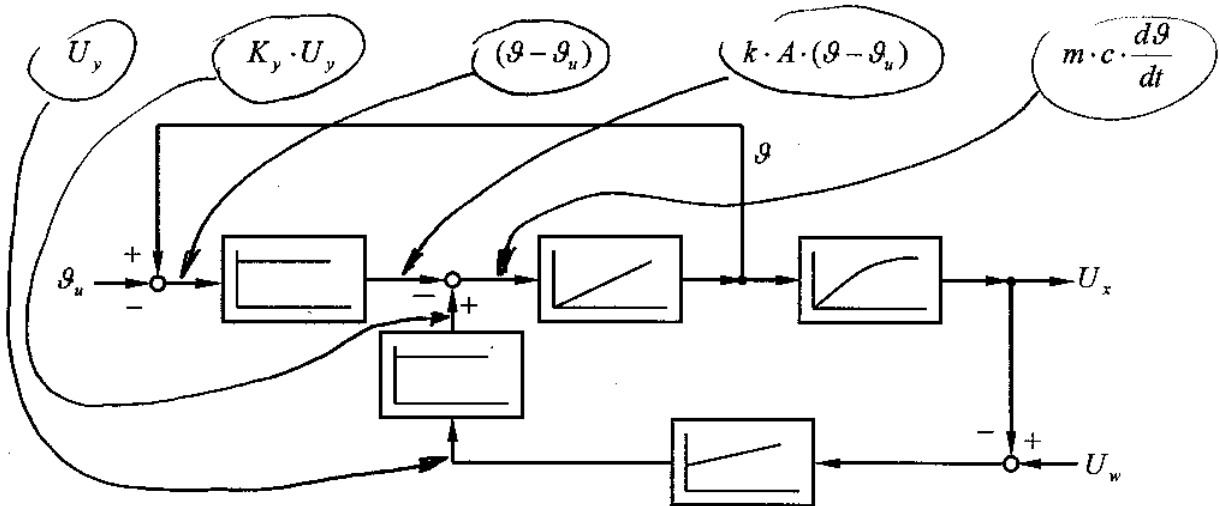
$$m \cdot c \cdot \frac{d\vartheta}{dt} = K_y \cdot U_y - k \cdot A \cdot (\vartheta - \vartheta_u)$$

$$U_x + T \cdot \frac{dU_x}{dt} = K_x \cdot \vartheta$$

$$U_y = K_p \cdot [(U_w - U_x) + \frac{1}{T_n} \cdot \int (U_w - U_x) dt]$$

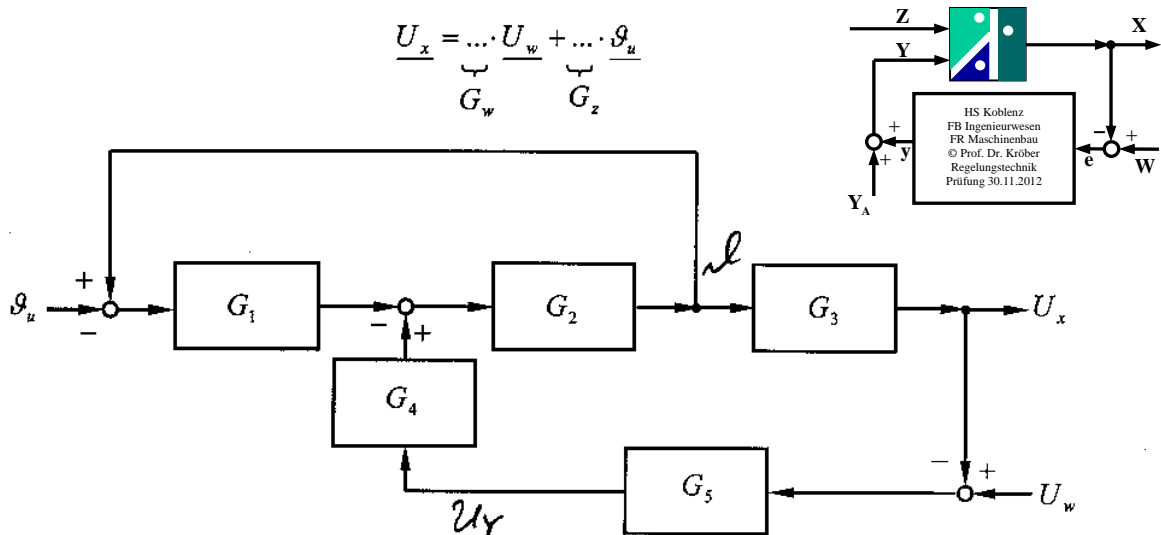


In dem unten stehenden Wirkungsplan sind die Größen $U_x, U_w, \vartheta, \vartheta_u$ bereits eingetragen. Tragen Sie die folgenden 5 Größen noch ein:



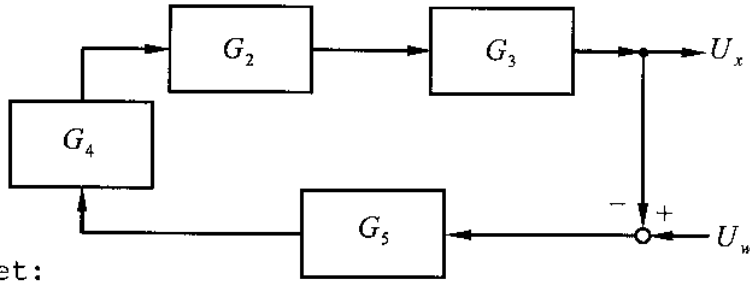
Aufgabe 3 (15P)

Der folgende Wirkungsplan beschreibt eine Wassertemperaturregelung mit unzureichender Wärmeisolierung. Dabei sind das Signal U_w (Führungsgröße) sowie die Umgebungstemperatur ϑ_u (Störgröße) Eingangsgrößen und das Signal U_x (Regelgröße) ist die Ausgangsgröße. Ermitteln Sie durch das Einführen von Hilfsgrößen den Führungs- und Störungsfrequenzgang. Dies lässt sich z.B. dadurch bewerkstelligen, in dem man das Ergebnis auf folgende Form bringt.



Aufgabe 4 (16P)

Der folgende Wirkungsplan beschreibt eine Wassertemperaturregelung, bei der die Wärmeverluste an die Umgebung nicht berücksichtigt werden.



Der Führungsfrequenzgang lautet:

$$G_w = \frac{G_2 \cdot G_3 \cdot G_4 \cdot G_5}{1 + G_2 \cdot G_3 \cdot G_4 \cdot G_5}$$

Die einzelnen Frequenzgänge lauten:

$$G_2 = \frac{1}{m \cdot c \cdot j\omega} \quad G_3 = \frac{K_x}{1 + j\omega \cdot T} \quad G_4 = K_y \quad G_5 = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_n \cdot j\omega}\right)$$

- Ermitteln Sie mit dem Hurwitzverfahren eine Gleichung zur Bestimmung der Nachstellzeit an der Stabilitätsgrenze (formelmäßige Lösung).
Hilfestellung: $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$
- Welcher Wert ergibt sich für T_n als zahlenmäßige Lösung?
Zahlenwerte zu b.:
 $m = 1 \text{ kg}; c = 4183 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}); K_y = 200 \text{ W/V}; K_x = 0,1 \text{ V}/^\circ\text{C}; T = 10 \text{ s}$

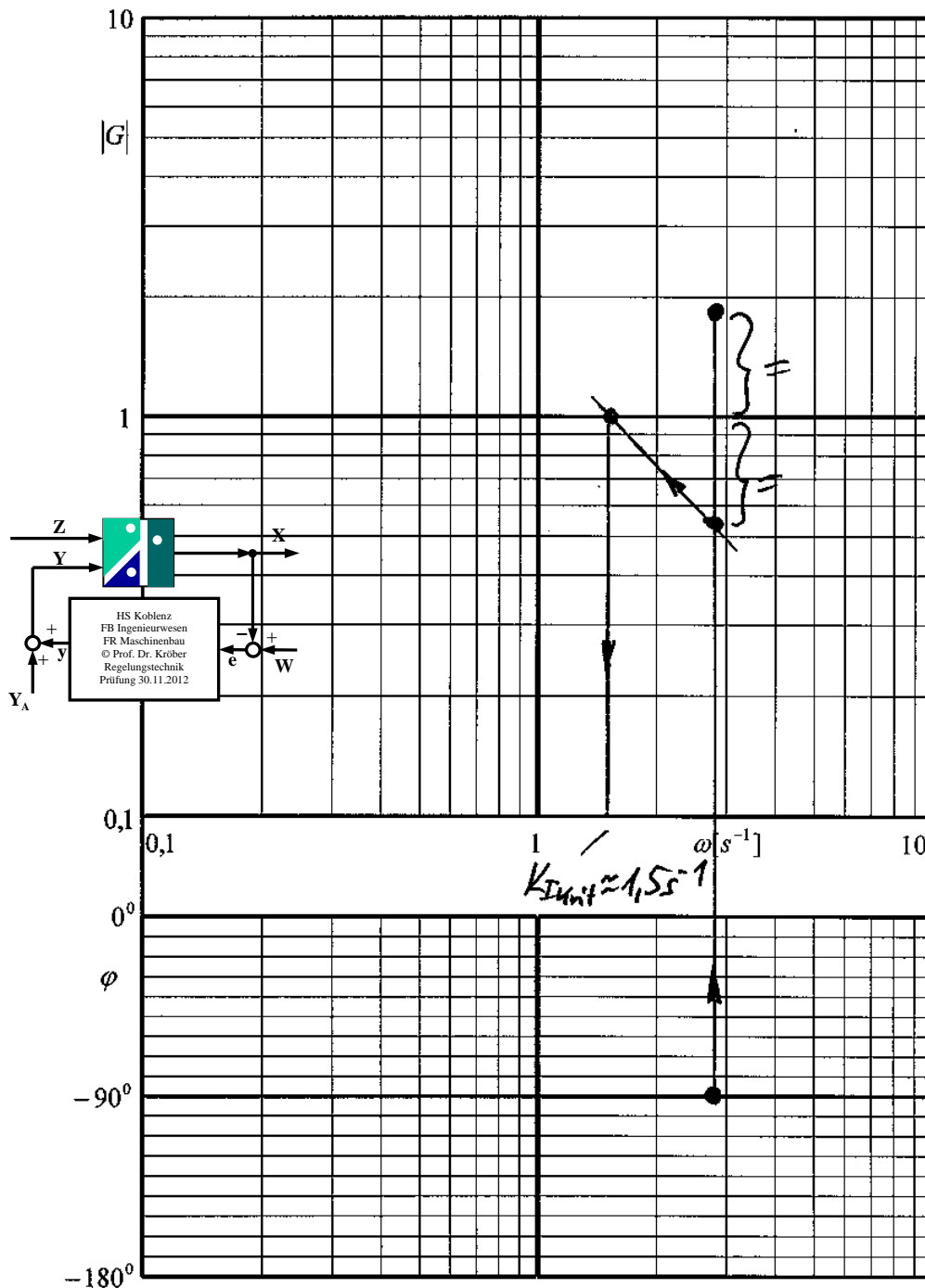
Aufgabe 5 (9P)

In einem Versuch des Regelungstechnik-Labors wird experimentell der Frequenzgang einer Regelstrecke aufgenommen und auch formelmäßig berechnet. Dies ergibt folgende Werte:

f [Hz]	0,1	0,2	0,3	0,46	0,6	0,8	1,2
ω [s^{-1}]	0,63	1,26	1,88	2,89	3,77	5,03	7,54
$ G_s $ [1]	1,04	1,19	1,50	1,92	1,02	0,45	0,17
ϕ_s [grad]	-7	-16	-31	-90	-136	-156	-167

Als Regler wird ein I-Regler eingesetzt. Bestimmen Sie auf graphischem Wege $K_{I\text{ krit}}$!

Hinweis: Es müssen nicht alle Punkte ins Bode-Diagramm eingetragen werden.

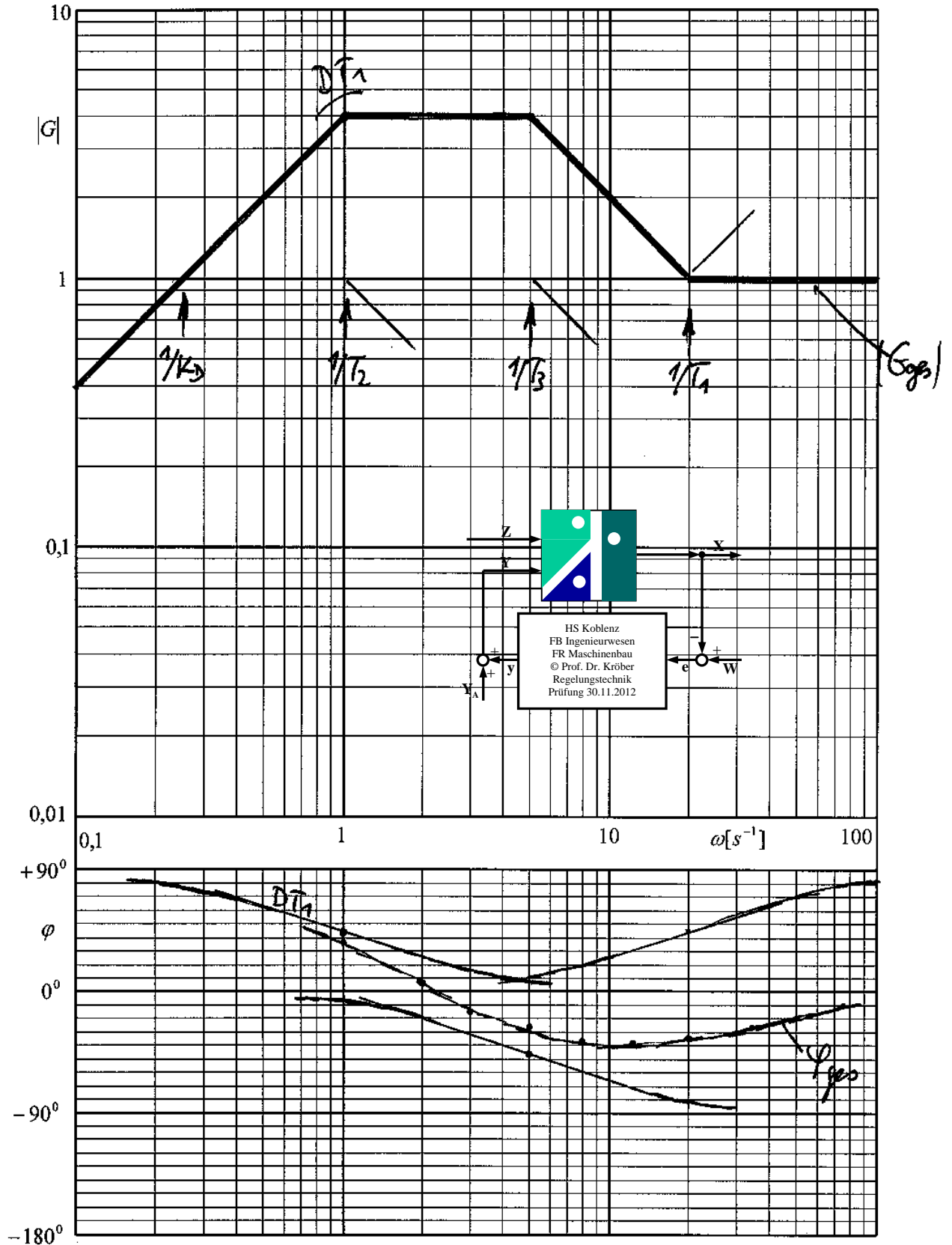


Aufgabe 6 (18P)

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

$$G = \frac{\overset{DT_1}{K_D} \cdot j\omega \cdot (1 + j\omega \cdot T_1)}{(1 + j\omega \cdot T_2) \cdot (1 + j\omega \cdot T_3)} \leftarrow PD$$

Zahlenwerte: $K_D = 4 \text{ s}$; $T_1 = 0,05 \text{ s}$; $T_2 = 1,0 \text{ s}$; $T_3 = 0,2 \text{ s}$



Prüfung Regelungstechnik 30.11.12 Blatt 1

zu 1) $0,95 = 1 - \frac{\Delta t}{T} \Rightarrow \frac{\Delta t}{T} = 1 - 0,95 = 0,05$

$T = \frac{\Delta t}{0,05} = \frac{0,15}{0,05} = 2s$

$0,1 = K \cdot \frac{\Delta t}{T} \Rightarrow \underline{\underline{K = \frac{0,1}{\Delta t/T} = \frac{0,1}{0,1/2} = 2}}$

Methode scharfes Hinsehen: $T_v = 0$

$y_i = y_{i-1} + \underbrace{K_p \left(1 + \frac{\Delta t}{T_v}\right)}_{2,05} \cdot \underbrace{e_{i-1}}_2 \Rightarrow \underline{\underline{K_p = 2}}$

$2 \left(1 + \frac{\Delta t}{T_v}\right) = 2,05$

$\frac{\Delta t}{T_v} = \frac{2,05}{2} - 1 = 0,025 \Rightarrow \underline{\underline{T_v = \frac{\Delta t}{0,025} = \frac{0,15}{0,025} = 4s}}$

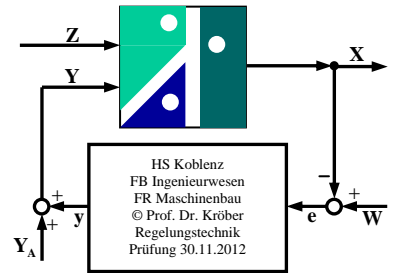
zu 3) $\underline{u} = G_2 (G_4 \cdot \underline{u}_Y - G_1 (\underline{u} - \underline{u}_{in}))$
 $\underline{u}_X = G_3 \cdot \underline{u}$
 $\underline{u}_Y = G_5 (\underline{u}_W - \underline{u}_X)$

$\frac{\underline{u}_X}{G_3} = G_2 (G_4 \cdot G_5 (\underline{u}_W - \underline{u}_X) - G_1 (\frac{\underline{u}_X}{G_3} - \underline{u}_{in})) \quad | \cdot G_3$

$\underline{u}_X = G_2 (G_3 \cdot G_4 \cdot G_5 (\underline{u}_W - \underline{u}_X) - G_1 (\underline{u}_X - G_3 \cdot \underline{u}_{in}))$

$\underline{u}_X (1 + G_2 G_3 G_4 G_5 + G_1 \cdot G_2) = G_2 G_3 G_4 G_5 \cdot \underline{u}_W + G_1 G_2 G_3 \underline{u}_{in}$

$\underline{u}_X = \underbrace{\frac{G_2 G_3 G_4 G_5}{1 + G_1 G_2 + G_2 G_3 G_4 G_5}}_{G_W} \cdot \underline{u}_W + \underbrace{\frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_1 G_2 + G_2 G_3 G_4 G_5}}_{G_Z} \cdot \underline{u}_{in}$



Prüfung Regelungstechnik 30.11.12 | Blatt 2

$$\begin{aligned}
 z4) \quad G_w &= \frac{\frac{1}{m \cdot c \cdot j\omega} \cdot \frac{K_x}{1+j\omega T} \cdot K_y \cdot K_p \left(1 + \frac{1}{T_n j\omega}\right)}{1 + \frac{1}{m \cdot c \cdot j\omega} \cdot \frac{K_x}{1+j\omega T} \cdot K_y \cdot K_p \left(1 + \frac{1}{T_n j\omega}\right)} \cdot \frac{m \cdot c \cdot j\omega}{m \cdot c \cdot j\omega} \cdot \frac{1+j\omega T}{1+j\omega T} \cdot \frac{T_n j\omega}{T_n j\omega} \\
 &= \frac{K_x K_y K_p (1 + T_n j\omega)}{m \cdot c \cdot j\omega (1+j\omega T) T_n j\omega + K_x K_y K_p (1 + T_n j\omega)} \\
 &= \frac{000}{m \cdot c \cdot T_n (j\omega)^2 + m \cdot c \cdot T \cdot T_n (j\omega)^3 + K_x K_y K_p + K_x K_y K_p T_n (j\omega)}
 \end{aligned}$$

$$a_0 = K_x \cdot K_y \cdot K_p$$

$$a_1 = K_x K_y K_p T_n$$

$$a_2 = m \cdot c \cdot T_n$$

$$a_3 = m \cdot c \cdot T \cdot T_n$$

1 Bed.: $a_1 > 0 \Rightarrow$ erfüllt

2 Bed.: $a_1 a_2 > a_0 a_3$

$$K_x K_y K_p \cdot T_n \cdot m \cdot c \cdot T_n > K_x K_y K_p \cdot m \cdot c \cdot T \cdot T_n$$

$$T_n > T$$

bzw. bei Stabilitätsgrenze $T_n = T$

b) $T_n = T = 10s$

