

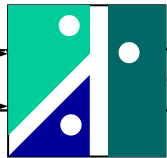
Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - Schreib- und Zeichengerät
 - Taschenrechner
 - Formelsammlung (4 Blätter)

Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungen

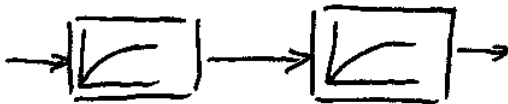


FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 15.07.2003

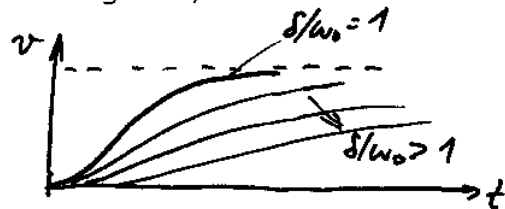
KURZFRAGEN :

- Skizzieren Sie einen Wirkungsplan einer Hintereinanderschaltung von 2 Gliedern 1. Ordnung und geben Sie in einem Diagramm/Skizze alle denkbaren Signalverläufe (einer Sprungantwort) an ! (3P)

Hintereinanderschaltung:



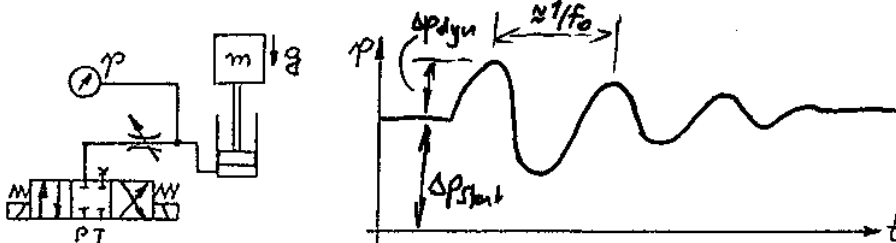
Diagramm/Skizze:



- Welche Möglichkeiten der Einstellung sind an der Frontseite eines handelsüblichen Reglers stets möglich ? (Hier sind nicht die Einstellparameter K_p , T_v und T_n zu nennen.) (3P)

Hand-/Automatikbetrieb, Handstellgröße, Sollwert

- Eine hydraulische Hebebühne führt gerade eine Abwärtsbewegung durch. An einer Drossel wurde die Abfahrsgeschwindigkeit eingestellt. Plötzlich schaltet das dazugehörige Wegeventil in Nullstellung, um die Bewegung zu stoppen. Skizzieren Sie den Druckverlauf (im Hydrauliköl) in Abhängigkeit der Zeit und beschriften/benennen/begründen Sie Ihre Skizze ! (4P)



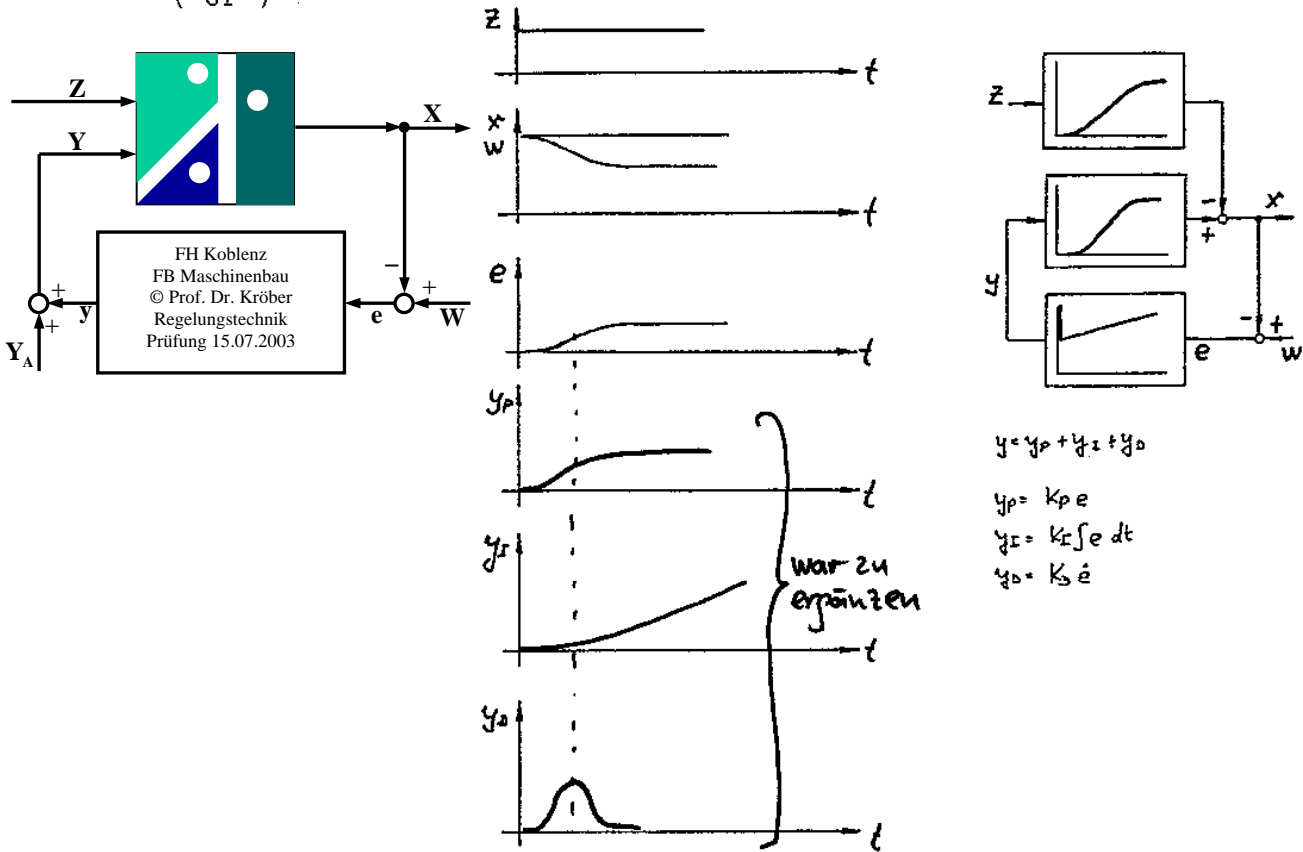
- Bei welcher Regelung spielen Führungs- und Folgereger eine Rolle? (1P)

Kaskadenregelung

5. Bei einem PI/PID-Regler steht die Nachstellzeit auf 10 Sekunden. Auf welchen Wert muss die Vorhaltezeit etwa eingestellt werden, falls der Regler als PID-Regler arbeiten soll ? (2P)

$T_V \approx 2s$

6. Die Abbildung zeigt den Wirkungsplan einer Raumtemperaturregelung. Skizzieren Sie die Signalverläufe von y_p , y_I und y_D ! (6P)



7. Eine Regelstrecke vom Typ PT_1 in Kombination mit einem I-Regler ergibt als Gesamtverhalten : (1P)

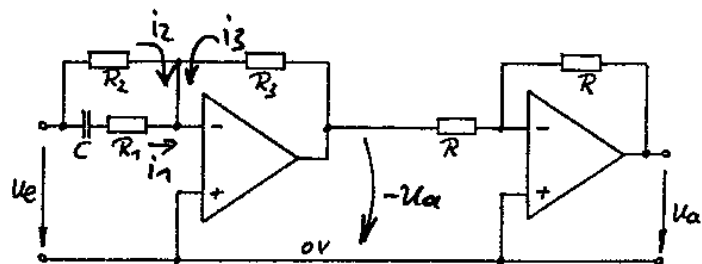
PT_2

RECHENTEIL

Aufgabe 1 (10P)

Die abgebildete Schaltung besitzt das Verhalten eines realen PD-Reglers. Bilden Sie den folgenden Frequenzgang:

$$G = \frac{u_a}{u_e} = f(R_1, R_2, R_3, C)$$



Aufgabe 2 (18 P)

Im Windkanal im Messtechnischen Praktikum wird durch eine Leitspannung U_{Leit} die Drehzahl des Gebläses und damit die Strömungsgeschwindigkeit beeinflusst. Als Regelgröße wird der Staudruck gemessen, der ebenfalls als analoge Eingangsspannung $U_{p,dyn}$ zur Verfügung steht. Als Störgröße Z wird ein Stahlblech in den Strömungsquerschnitt eingebracht, wodurch sich der gemessene Staudruck entsprechend verringert.

Kennfeld:

$$K_y = \frac{\Delta U_{p,dyn}}{\Delta U_{Leit}} \cdot A$$

$$= \frac{0,205 - 0 \text{ V}}{5 - 1,4 \text{ V}} = 0,057 \frac{\text{V}}{\text{V}}$$

$$K_z = \frac{\Delta U_{p,dyn}}{\Delta Z} \cdot A$$

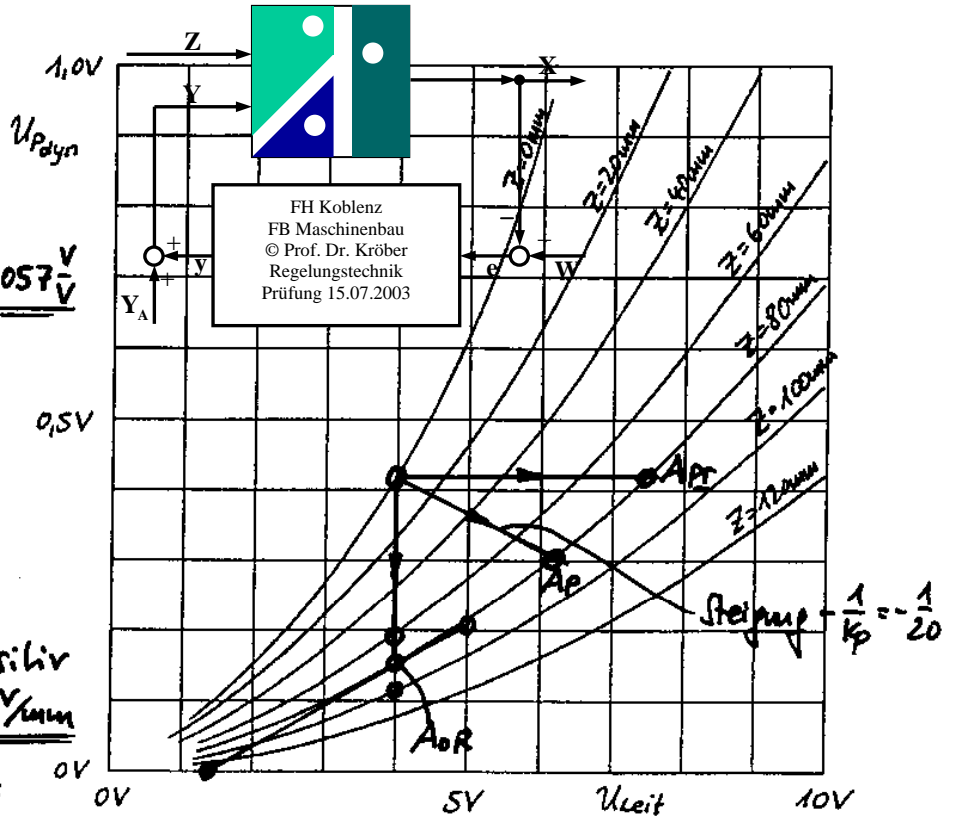
$$= \frac{0,115 - 0,19 \text{ V}}{100 - 60 \text{ mm}}$$

$$K_z \approx -1,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{V}}{\text{mm}}$$

Verstärkung also positiv
also: $K_z = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ V/mm}$

$$U_{p,dyn} = K_y \cdot U_{Leit} - K_z \cdot Z$$

\uparrow geändert



Die Anlage arbeitet zunächst bei einer Leitspannung von $U_{Leit} = 4,0$ Volt ohne Einschnürung der Strömung ($Z = 0$ mm).

a. Plötzlich tritt eine Störung auf ($Z = 80$ mm). Welcher Arbeitspunkt stellt sich ein, wenn die Leitspannung nicht verändert wird?

b. Welcher Arbeitspunkt würde sich einstellen, wenn die Anlage mit einem P-Regler betrieben würde?

Hierbei sei: $U_{Leit} - U_{Leit,Arbeitspunkt} = K_p \cdot (U_{Soll} - U_{p,dyn})$; $K_p = 20$

d. Welcher Arbeitspunkt würde sich einstellen, falls das System mit einem PI-Regler arbeitet (für große Zeiten) ?

f. Unabhängig von der bisherigen Aufgabenstellung sind im Arbeitspunkt $U_{Leit} = 4$ V und $Z = 80$ mm die Koeffizienten K_y und K_z zu bestimmen!

$$u_{p,dyn} = K_y \cdot u_{Leit} + K_z \cdot z ; K_y = \frac{\partial U_{p,dyn}}{\partial U_{Leit}} ; K_z = \frac{\partial U_{p,dyn}}{\partial Z}$$

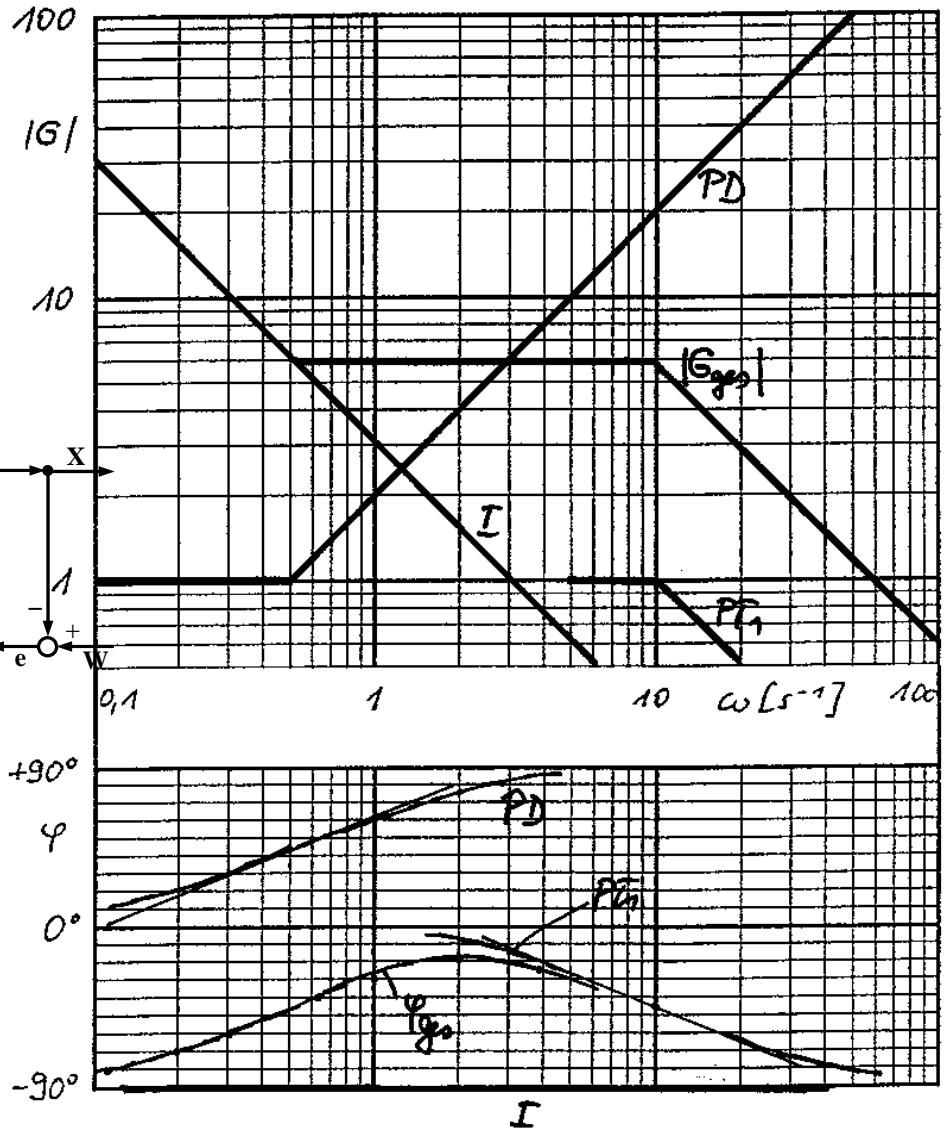
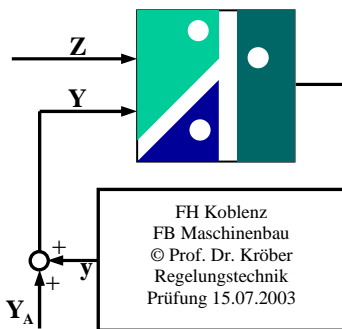
Aufgabe 3 (12 P)

Der angegebene Frequenzgang G_{ges} ist zeichnerisch im Bode-Diagramm darzustellen (z.B. Zerlegung in ein I-Glied, ein PD-Glied und ein PT_1 -Glied).

$$G_{ges} = \frac{K_I(1+j\omega T_1)}{j\omega(1+j\omega T_2)}$$

Zahlenwerte:

$$\begin{aligned} K_I &= 3s^{-1} \\ T_1 &= 2s \\ T_2 &= 0,1s \end{aligned}$$



Aufgabe 4 (12 P)

Der Betrag und der Phasenwinkel des Frequenzganges G_{ges} aus Aufgabe 3 sind an der Stelle $\omega = 2 s^{-1}$ rechnerisch zu bestimmen.

Hinweis:

Hierbei ist es sinnvoll, den Frequenzgang G_{ges} in die oben erwähnten Anteile zu zerlegen und aus den einzelnen Anteilen den gesamten Frequenzgang zu bilden.

$$\text{I-Glied : } |G| = \frac{K_I}{\omega} ; \varphi = -90^\circ$$

$$\text{PD-Glied : } |G| = K\sqrt{1+(\omega T)^2} ; \tan(\varphi) = \omega T$$

$$\text{PT}_1\text{-Glied : } |G| = \frac{K}{\sqrt{1+(\omega T)^2}} ; \tan(\varphi) = -\omega T$$

Aufgabe 5 (20 P)

Eine Regelstrecke besteht aus einem PT_1 -Glieder ($K=2; T=12,5s$) und einer Totzeit ($K=1; T_t=2,5s$).

Als Regler wird ein I-Regler mit $K_I = 0,08s^{-1}$ verwendet.

Zu bestimmen sind:
 Amplitudenreserve A_R ,
 Phasenreserve α_R ,
 Phasenschnittkreisfrequenz ω_n ,
 Durchtrittskreisfrequenz ω_D ,
 sowie $K_{p \text{ krit}}$ und T_{krit} !

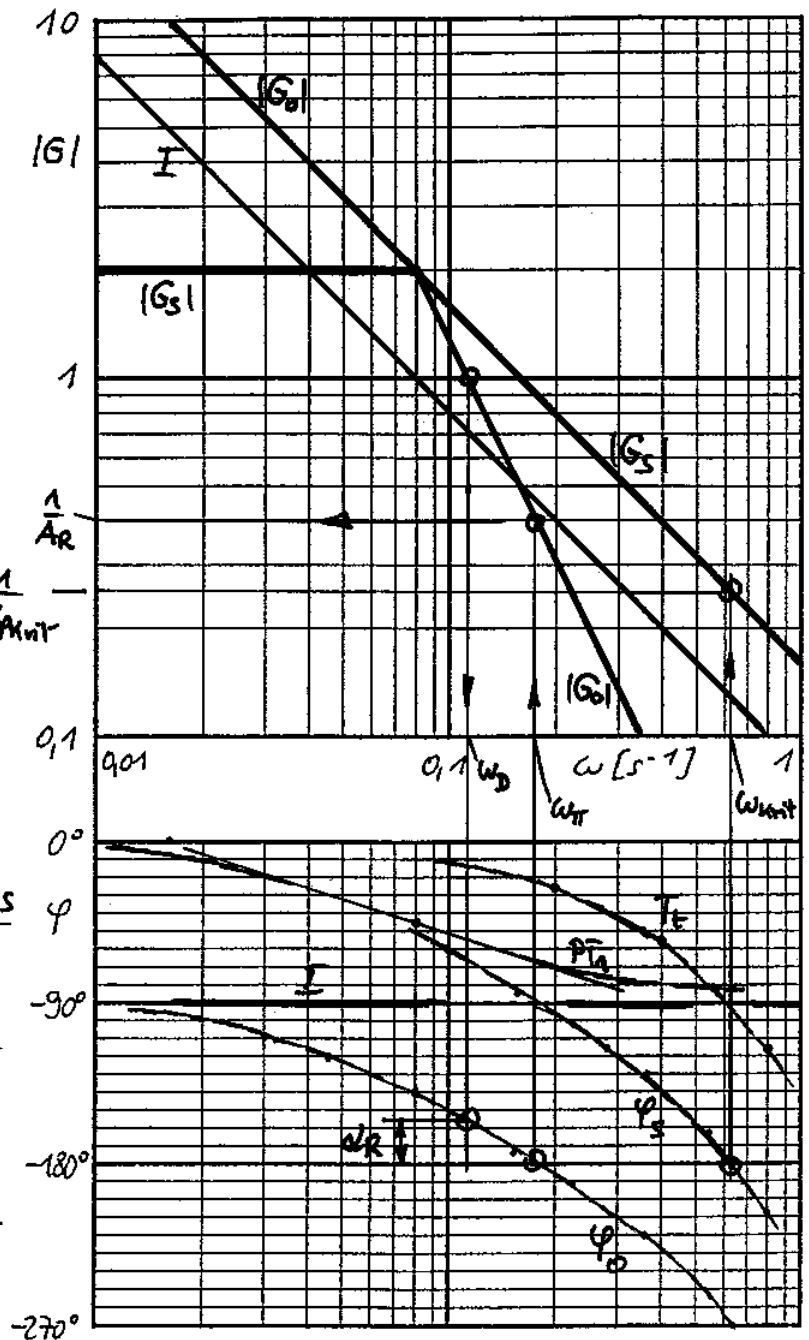
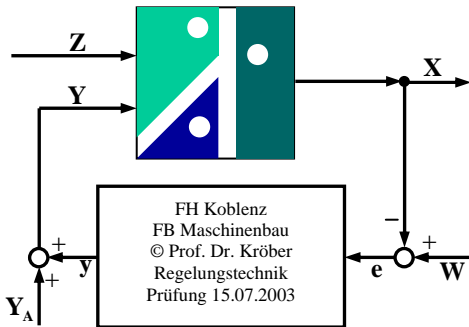
$$\frac{1}{A_R} = 0,4 \Rightarrow \underline{A_R = 2,5}$$

$$\underline{\alpha_R = 25^\circ}$$

$$\underline{\omega_{\pi} = 0,175s^{-1}}; \underline{\omega_D = 0,125s^{-1}}$$

$$\frac{1}{K_{\text{krit}}} = 0,25 \Rightarrow \underline{K_{\text{krit}} = 4}$$

$$\omega_{\text{krit}} = \frac{2\pi}{T_{\text{krit}}} = 0,625s^{-1} \Rightarrow \underline{T_{\text{krit}} = 10,1s}$$



Aufgabe 6 (8 P)

Eine Regelstrecke 2. Ordnung wird mit einem PI-Regler geregelt.

$$\text{Strecke : } G_s = \frac{K_s}{(1+j\omega T)^2} \quad \text{Regler : } G_R = K_p \left(1 + \frac{1}{T_n j\omega}\right)$$

Bestimmen Sie die Koeffizienten der homogenen Differentialgleichung !

Lösungen Prüfung Regelungstechnik vom 15.07.03

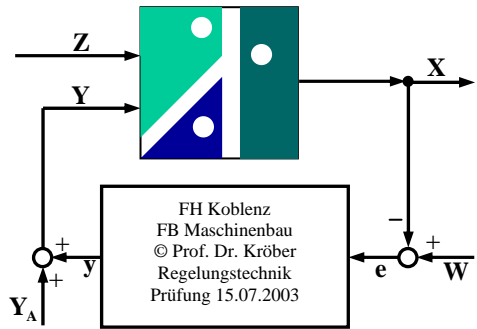
zu 1) $i_1 + i_2 + i_3 = 0$

$$\frac{u_e}{\frac{1}{j\omega C} + R_1} + \frac{u_e}{R_2} + \frac{-u_a}{R_3} = 0$$

$$u_e \left[\frac{1}{\frac{1+j\omega R_1 C}{j\omega C} + R_2} \right] = \frac{u_a}{R_3}$$

$$G = \frac{u_a}{u_e} = R_3 \left[\frac{j\omega C}{1+j\omega R_1 C} + \frac{1}{R_2} \right]$$

Zusatz: $G = \frac{u_a}{u_e} = \underbrace{\frac{R_3}{R_2}}_{K_p} \left[1 + \underbrace{\frac{j\omega R_2 C}{1+j\omega R_1 C}}_T \right] T_v$ "P-Glied" + "D/T₁-Glied"



zu 4) $|G|_I = \frac{K_I}{\omega} = \frac{3}{2} = 1,5$

$\varphi_I = -90^\circ$

$|G|_{PD} = K \sqrt{1+(\omega T)^2} = 1 \cdot \sqrt{1+(2 \cdot 2)^2} = 4,123$

$\tan \varphi_{PD} = \omega T = 2 \cdot 2 = 4 \Rightarrow \varphi_{PD} = +75,96^\circ$

$|G|_{PI} = \frac{K}{\sqrt{1+(\omega T)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+(2 \cdot 0,1)^2}} = 0,981$

$\tan \varphi_{PI} = -\omega T = -2 \cdot 0,1 = -0,2 \Rightarrow \varphi_{PI} = -11,31^\circ$

$|G|_{ges} = |G|_I \cdot |G|_{PD} \cdot |G|_{PI} = \dots = 6,07$

$\varphi_{ges} = \varphi_I + \varphi_{PD} + \varphi_{PI} = \dots = -25,35^\circ$

zu 6)

$$G_w = \frac{G_s \cdot G_r}{1+G_s \cdot G_r} = \frac{\frac{K_s}{(1+j\omega T)^2} K_p \left(1 + \frac{1}{T_n j\omega}\right)}{1 + \frac{K_s}{(1+j\omega T)^2} K_p \left(1 + \frac{1}{T_n j\omega}\right)} \cdot \frac{(1+j\omega T)^2 \cdot T_n j\omega}{(1+j\omega T)^2 \cdot T_n j\omega}$$

$$= \frac{K_s \cdot K_p (1 + T_n j\omega)}{(1+j\omega T)^2 T_n j\omega + K_s K_p (1 + T_n j\omega)}$$

$$= \dots = \frac{K_s K_p (1 + T_n j\omega)}{T_n (j\omega) + 2T T_n (j\omega)^2 + T^2 T_n (j\omega)^3 + K_s K_p + K_s K_p T_n (j\omega)}$$

$a_0 = K_s K_p$; $a_1 = T_n (1 + K_s K_p)$; $a_2 = 2T T_n$; $a_3 = T^2 T_n$