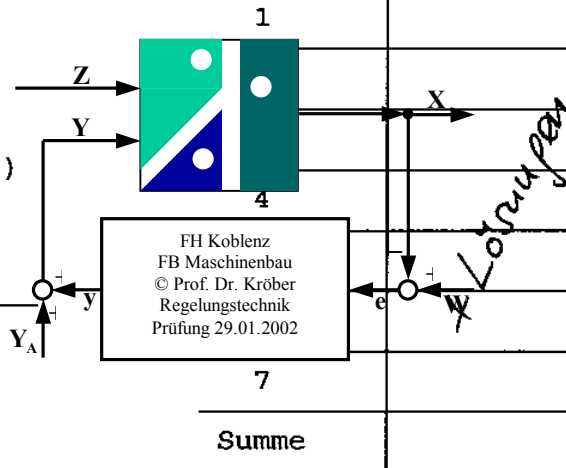


Diese Prüfung/Klausur besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muß der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

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

Note : \_\_\_\_\_

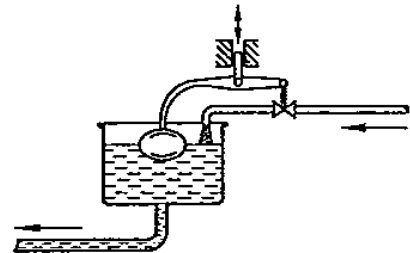


Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
7	
Summe	

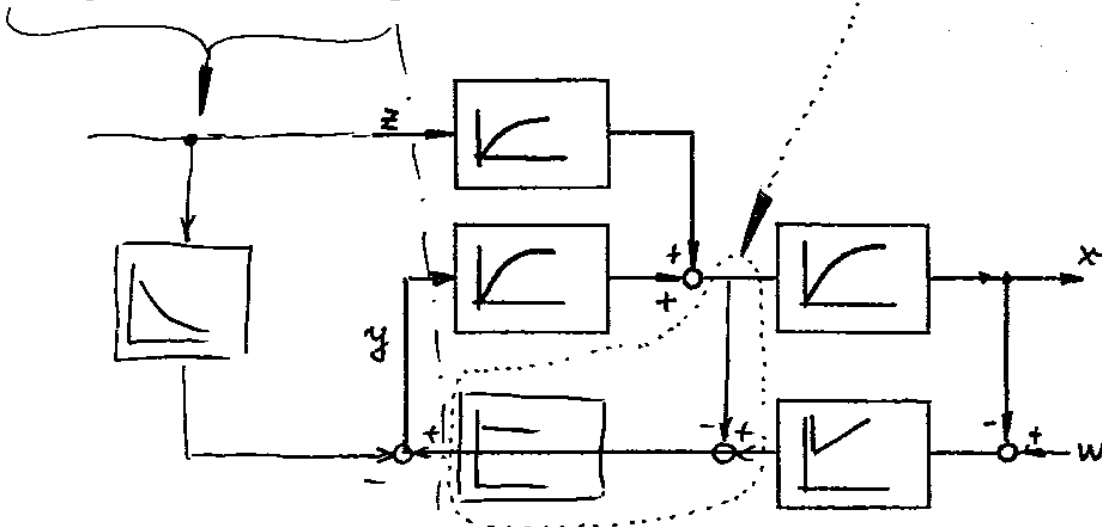
KURZFRAGEN :

1. Die Abbildung zeigt die Regelung eines Flüssigkeitsstandes. ( 3P )

- Welches Verhalten hat der Regler? P
- Welches Verhalten hat die Strecke? I
- Wie ist das Gesamtverhalten? PT<sub>1</sub>



2. Ergänzen Sie den Wirkungsplan, damit eine Kaskadenregelung bzw. Störgrößenaufschaltung entsteht! (z.B. 2 Farben verwenden) ( 6P )

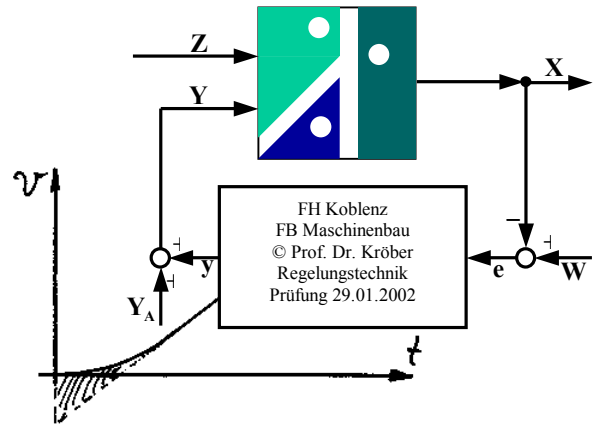


3. Weshalb ist bei einer hydraulischen Positionsregelung die Eigenfrequenz "Masse Zylinder"/"Federsteifigkeit Ölsäule" von Interesse? ( 2P )

Ist ein Maß für die Dynamik (≅ max. Verstellgeschw.)

$\omega \ll \omega_0$  ; Betrieb stets unterkritisch

4. Die Skizze zeigt die Sprungantwort eines  $IT_1$ -Gliedes. Kennzeichnen Sie den Anteil, der durch die homogene Lösung der Differentialgleichung beschrieben wird!  
( 3 P )



5. Nennen Sie 3 Beispiele für Regelstrecken mit Totzeit! ( 3 P )  $\nu$

Förderband, Mischung  $\rightarrow$  Messstelle "dahinter", Temp.-regelung  $\mu \rightarrow$

6. Wird ein analoger Regler durch einen digitalen Regler ersetzt, entsteht durch das Abtast-/Halteglied eine Totzeit. Wie groß ist diese Totzeit, falls das "Abtast-/Halteintervall" 0,1 s beträgt?  
( 2 P )

0,05s

7. Die Abbildung zeigt einen PID-Regler (genau:  $PIDT_1$ -Regler). Verschiedene Einstellwerte sollen abgeändert werden. Kennzeichnen Sie das zu ändernde Bauelement und geben Sie den neuen Wert an! ( 9 P )

Verdoppelung des I-Anteils:

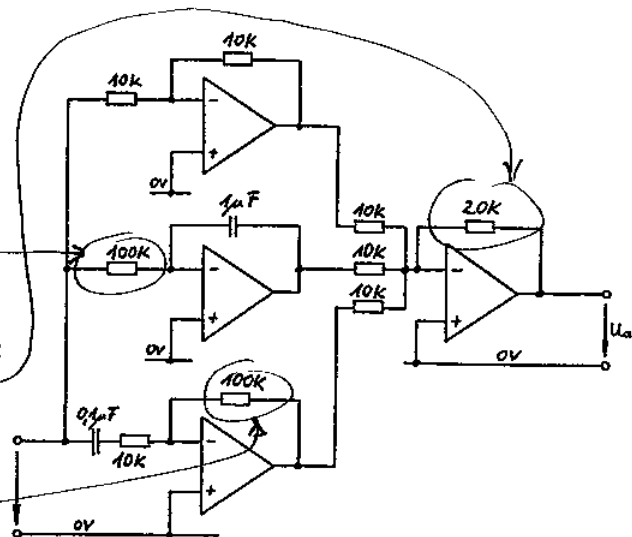
100 k $\Omega$   $\rightarrow$  50 k $\Omega$

Verdoppelung des P-Anteils ( $K_P$ ):

20 k $\Omega$   $\rightarrow$  40 k $\Omega$

Verdoppelung des D-Anteils:

100 k $\Omega$   $\rightarrow$  200 k $\Omega$



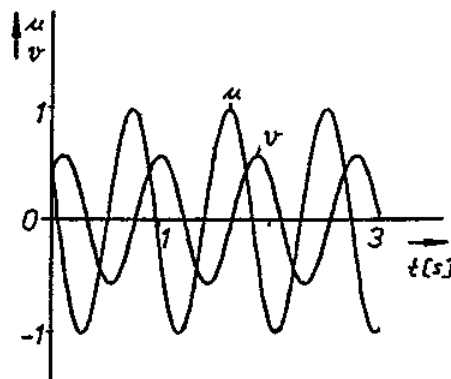
7. Bei der Reglereinstellung aus der Sprungantwort werden durch einen Versuch 3 Kenngrößen ermittelt. Wie lauten diese? ( 3 P )

$K_s, T_u, T_g$

8. Wie groß ist der Betrag des Frequenzganges und die Phasenverschiebung?  
(Schätzen ist "genau genug")  
( 4 P )

$|G| = \approx 0,5$

$\varphi = \approx -100^\circ$





Aufgabe 3 (28 P)

Vom Frequenzgang eines PT<sub>2</sub>-Übertragungsgliedes sind bekannt:

$$K = 1 ; \omega_0 = 1 \text{ s}^{-1} ; \delta = 1,25 \text{ s}^{-1}$$

$$G = \frac{K\omega_0^2}{\omega_0^2 + 2\delta(j\omega) + (j\omega)^2}$$

a. Weisen Sie zunächst die folgenden Gleichungen nach!

$$|G| = \frac{K\omega_0^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2\delta\omega)^2}} \quad \tan(\varphi) = -\frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

b. Bestimmen Sie rechnerisch den Betrag des Frequenzganges und den Phasenwinkel für  $\omega = 0,5 \text{ s}^{-1}$  ;  $\omega = 1 \text{ s}^{-1}$  und  $\omega = 2 \text{ s}^{-1}$  !

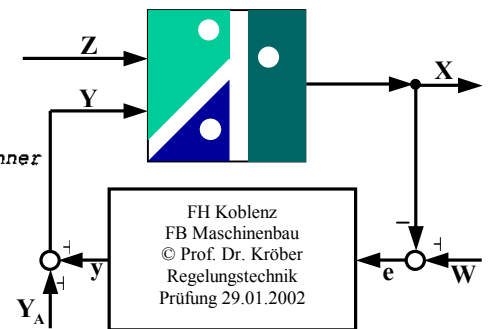
Hilfestellungen zu a.

$$|G| = \sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2}$$

$$|G| = \frac{|\text{Zähler}|}{|\text{Nenner}|}$$

$$\tan(\varphi) = \frac{\text{Im}}{\text{Re}}$$

$$\varphi = \varphi_{\text{Zähler}} - \varphi_{\text{Nenner}}$$



Aufgabe 4 (16 P)

Eine Regelstrecke 3. Ordnung wird mit einem P-Regler geregelt. Bestimmen Sie K<sub>p</sub> an der Stabilitätsgrenze!

$$G_S = \frac{K_S}{(1+j\omega T)^3} = \frac{K_S}{1+3(j\omega)T+3(j\omega)^2T^2+(j\omega)^3T^3} ; \quad G_R = K_P$$

Hilfestellung :  $a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$

$$G_W = \frac{G_S \cdot G_R}{1 + G_S \cdot G_R} = \frac{\frac{K_S}{1+3(j\omega)T+3(j\omega)^2T^2+(j\omega)^3T^3} K_P}{1 + \frac{K_S}{1+3(j\omega)T+3(j\omega)^2T^2+(j\omega)^3T^3} K_P} \cdot \frac{1+3(j\omega)T+3(j\omega)^2T^2+(j\omega)^3T^3}{1+3(j\omega)T+3(j\omega)^2T^2+(j\omega)^3T^3}$$

$$G_W = \frac{K_S K_P}{1+3(j\omega)T+3(j\omega)^2T^2+(j\omega)^3T^3 + K_S K_P}$$

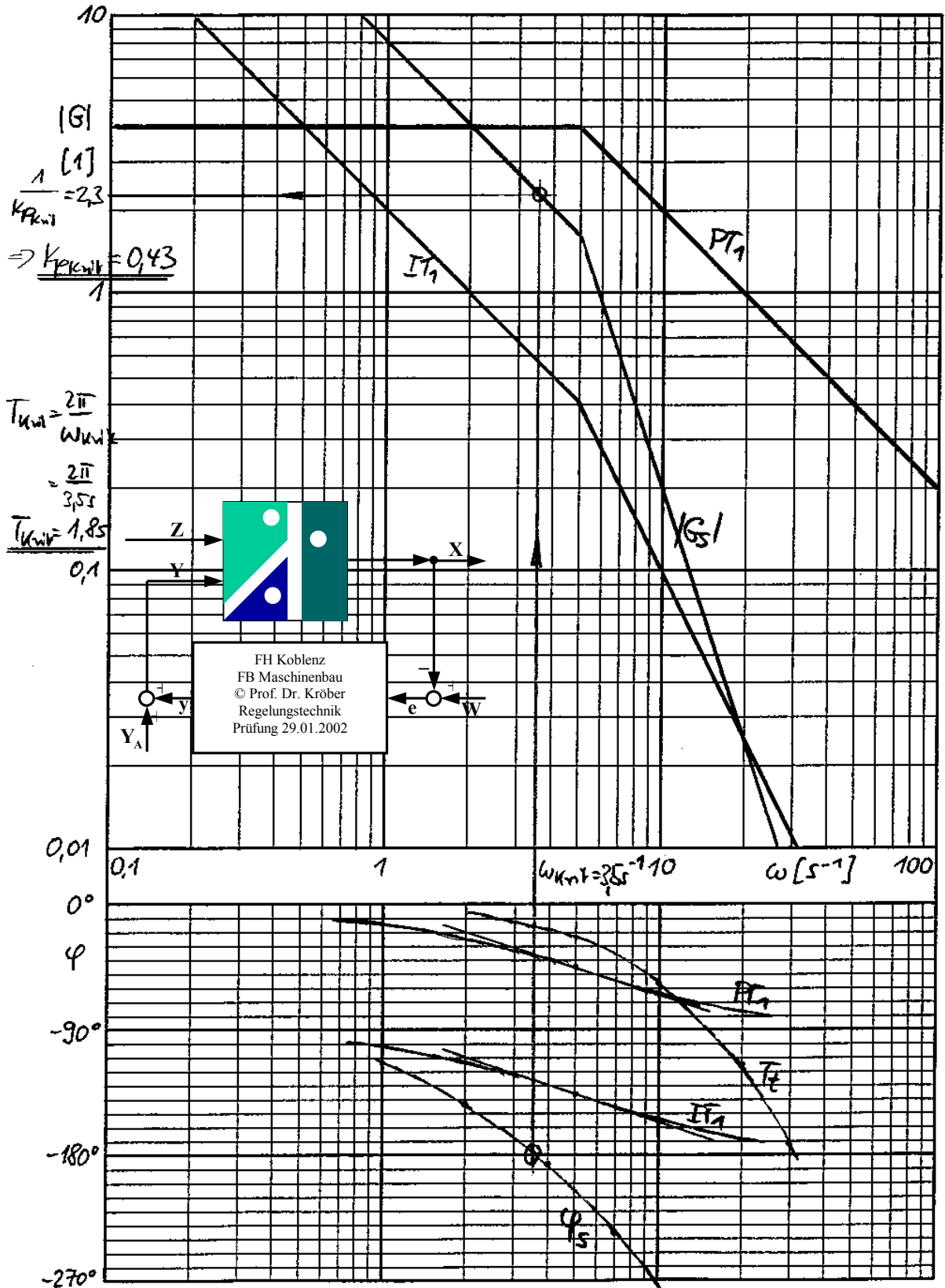
$$\left. \begin{array}{l} a_0 = 1 + K_S K_P \\ a_1 = 3T \\ a_2 = 3T^2 \\ a_3 = T^3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} a_i > 0 \rightarrow \text{erfüllt} \\ a_1 a_2 > a_0 a_3 \\ 3T \cdot 3T^2 > (1 + K_S K_P) T^3 \\ \vdots \\ \underline{\underline{K_P < \frac{8}{K_S}}} \end{array}$$

Aufgabe 5 (30 P)

Die einzelnen Streckenelemente sind im Bode-Diagramm einzutragen.

Zu bestimmen sind die Parameter  $K_p$  krit und  $T_{krit}$ .

$IT_1$	$K_I = 2 \text{ s}^{-1}$	$T = 0,2 \text{ s}$
Totzeit	$K = 1$	$T_t = 0,1 \text{ s}$
$PT_1$	$K = 4$	$T = 0,2 \text{ s}$



Aufgabe 6 ( 8 P )

Ein I-Glied soll durch eine Rekursionsgleichung beschrieben werden. Ergänzen Sie die fehlenden Rechenschritte zur Herleitung!

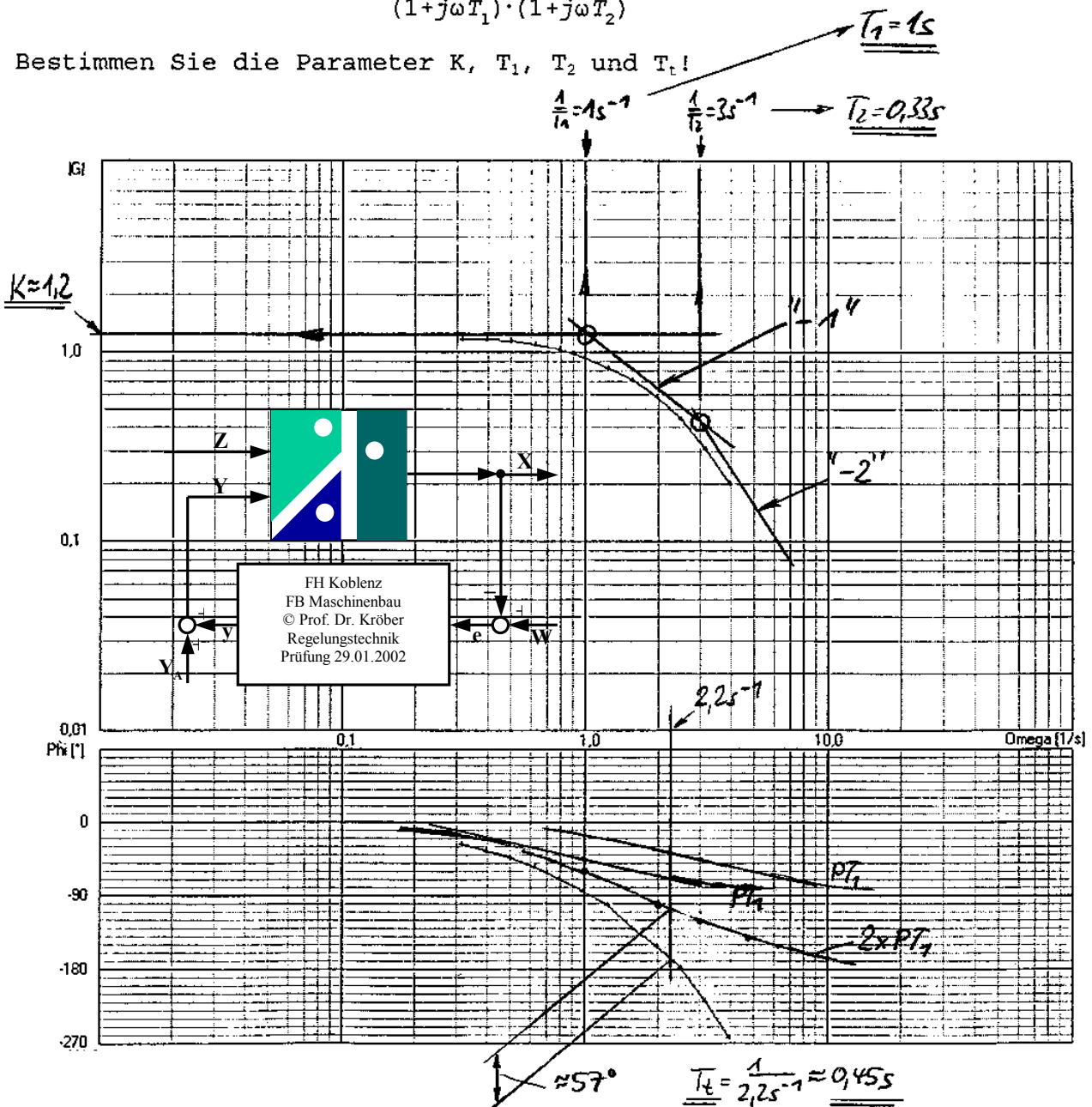
$$y = K_I \int x dt \quad \dots? \dots? \dots \quad y_i = y_{i-1} + K_I \cdot x_i \cdot \Delta t$$

Aufgabe 7 ( 24 P )

Mit einer im Rahmen einer Studienarbeit erstellten Software wurde von einer Regelstrecke der unten abgebildete Frequenzgang aufgenommen. Nach der Methode des "scharfen Hinsehens" lässt sich der Funktionsverlauf durch eine Reihenschaltung von 2 PT<sub>1</sub>-Gliedern und einer Totzeit beschreiben.

$$G = \frac{K}{(1+j\omega T_1) \cdot (1+j\omega T_2)} e^{-j\omega T_t}$$

Bestimmen Sie die Parameter K, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> und T<sub>t</sub>!



# Lösungen Prüfung/Klausur Regelungstechnik vom 29.01.02

zu 1)  $x = K_y \cdot y + K_z \cdot z^{10}$  (1)

$y = K_p(w-x)$  (2)

(2) in (1):

$$x = K_p K_p (w-x) \Rightarrow \underline{x = \frac{K_y \cdot K_p}{1 + K_y K_p} w = \frac{2 \cdot 4}{1 + 2 \cdot 4} \cdot 5 = \underline{4,4 \dots}}$$

$$\underline{y = K_p(w-x) = 4(5 - 4,4 \dots) = \underline{2,2 \dots}}$$

$$\underline{e = w-x = 5 - 4,4 \dots = \underline{0,5 \dots}}$$

zu 2) a)  $G = \frac{K \omega_0^2}{\underbrace{(\omega_0^2 - \omega^2)}_{\text{Re } N} + j \underbrace{(2\delta\omega)}_{\text{Im } N}} = \frac{Z}{N} ; |G| = \frac{|Z|}{|N|} = \frac{K \omega_0^2}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + (2\delta\omega)^2}}$

$$\underline{\tan \varphi = - \frac{\text{Im } N}{\text{Re } N} = - \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}}$$

wegen  $\varphi_z = 0^\circ$

b)  $\omega = 0,5 s^{-1} : \underline{|G| = \frac{1 \cdot 1^2}{\sqrt{(1^2 - 0,5^2)^2 + (2 \cdot 1,25 \cdot 0,5)^2}} = \underline{0,686}}$

$$\tan \varphi = - \frac{2 \cdot 1,25 \cdot 0,5}{1^2 - 0,5^2} \Rightarrow \underline{\varphi = -59,04^\circ}$$

$\omega = 1 s^{-1} : \underline{|G| = \dots = 0,400}$

$\omega = \omega_0 \Leftrightarrow \text{Nenner} = 0 \quad \underline{\varphi = -90^\circ}$  ("Resonanzfall")

$\omega = 2 s^{-1} : \underline{|G| = \dots = 0,171}$

$$\tan \varphi = - \frac{2 \cdot 1,25 \cdot 2}{1^2 - 2^2} \Rightarrow \varphi = +59,04^\circ \quad (= \text{Hauptwert})$$

wegen  $\omega > \omega_0 \Rightarrow \varphi < -90^\circ ; \text{ also } \underline{\varphi = +59,04^\circ - 180^\circ = -120,96^\circ}$

zu 6)  $y = K_I \int x dt \quad \left| \frac{d}{dt} \right.$

$$\dot{y} = K_I x$$

$$\frac{y_i - y_{i-1}}{\Delta t} = K_I \cdot x_i$$

$$\underline{y_i = y_{i-1} + K_I x_i \Delta t}$$

