Hochschule Koblenz
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

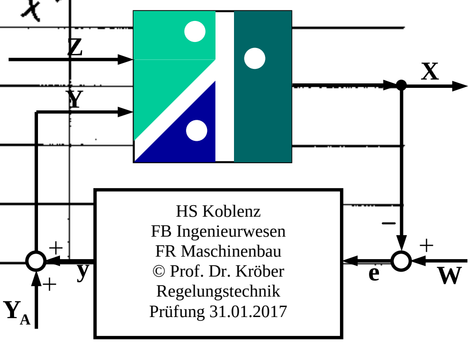
Name ____________________

Matr.-Nr. ____________________

Regelungstechnik WS 16/17
Prof. Dr. W. Kröber

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

+ Lösungen



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

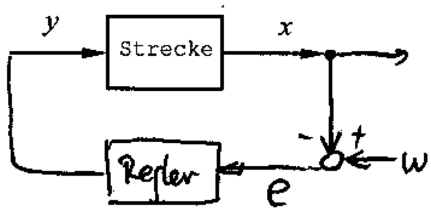
- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
  - Schreib- und Zeichengerät
  - Taschenrechner
  - Formelsammlung (4 Blätter)

Note : ____________________

K U R Z F R A G E N :

1. Bei einer hydraulischen Positionsregelung ergibt sich bei inkompressibler Betrachtungsweise (stets P-Regler) ein PT_1 - Gesamtsystem. Welches Gesamtsystem ergibt sich, wenn die Kompressibilität mit berücksichtigt wird?
(2P) PT_3

2. Gegeben ist der Wirkungsplan einer Regelstrecke. Ergänzen Sie den Wirkungsplan so, dass ein Regelkreis einsteht. Einzutragen sind auch noch erforderliche Vorzeichen sowie die Regeldifferenz und der Sollwert.
(4P)



3. Geben Sie zu der angegebenen Differentialgleichung den dazugehörigen Frequenzgang an!
(3P)

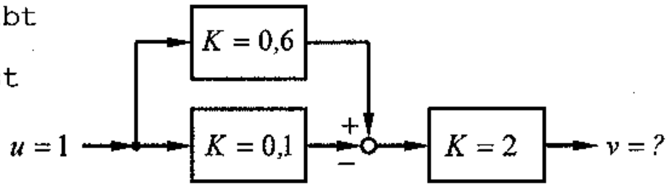
geg.: $T_1 \cdot T_2 \cdot \frac{d^2v}{dt^2} + T_3 \cdot \frac{dv}{dt} + 2 \cdot v = T_4 \cdot \frac{du}{dt}$ $\rightarrow$ $G = \frac{v}{u} = \ldots \frac{j\omega T_4}{(j\omega)^2 T_1 T_2 + j\omega T_3 + 2}$

4. Bei einem geschlossenen Regelkreis (PI-Regler) wird ein positiver Sollwertsprung vorgegeben. Unmittelbar nach dem Sollwertsprung ändert sich die Regelgröße mit einem leichten Überschwingen. Welcher Parameter muss wie verändert werden?
(2P) $K_p \downarrow$

5. Bei einem geschlossenen Regelkreis (PI-Regler) wird ein positiver Sollwertsprung vorgegeben. Im späteren Zeitbereich dauert es sehr lange, bis der Istwert den Sollwert erreicht. Welcher Parameter muss wie verändert werden?
(2P) $T_n \downarrow$

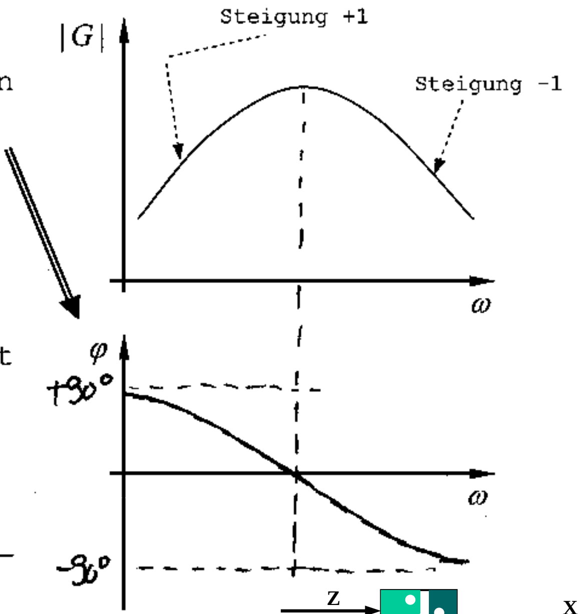
6. Wie groß ist das Amplitudenverhältnis |G| eines PT_1-Gliedes bei der Eckkreisfrequenz, also bei $\omega = \omega_E = 1/T$?
(2P) $K/\sqrt{2}$

7. Die angegebene Struktur beschreibt das statische Verhalten eines Übertragungssystems. Wie groß ist die Ausgangsgröße v?
(3P) 1

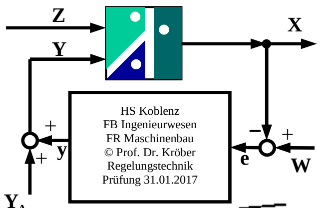


8. In dem Bode-Diagramm ist der Betrag des Frequenzganges eines passiven Bandpassfilters eingetragen. Ergänzen Sie den Verlauf des Phasenganges!

Hilfestellung:
"Methode scharfes Hinsehen" aufgrund der Steigungen bei |G|
(5P)



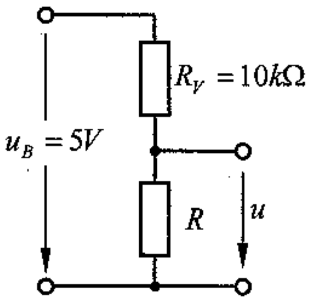
9. Bei einer digitalen Regelung wird mit einem Abtastintervall von 10 ms gearbeitet. Welche Totzeit muss dann im Hinblick auf die Stabilität berücksichtigt werden?
(2P) 5ms

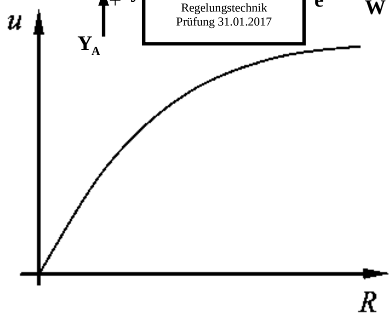


R E C H E N T E I L :

Aufgabe 1 (12P)

Für den abgebildeten Spannungsteiler ist die Spannung u eine Funktion des Widerstandes R. u_B sowie R_v sind konstant. Die Empfindlichkeit (Steigung) nimmt mit wachsendem R ab.
In der Tabelle sind einige Werte u=f(R) eingetragen.





R[kΩ]	0	...	9	10	11	...	39	40	41	...	→ ∞
u[V]	0,000	...	2,368	2,500	2,619	...	3,980	4,000	4,020	...	5,000

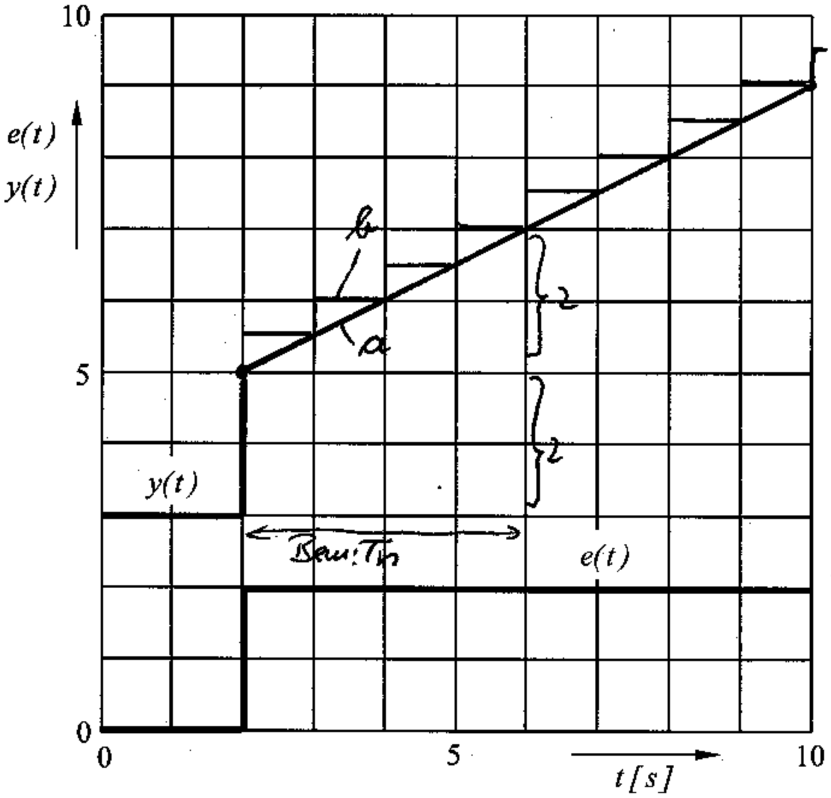
a. Bestimmen Sie aus den gegebenen Daten die Steigung für die folgenden 2 Fälle:

$$\frac{\partial u}{\partial R}\Big|_{R=10k\Omega} = \frac{\Delta u}{\Delta R} = \ldots \qquad \frac{\partial u}{\partial R}\Big|_{R=40k\Omega} = \frac{\Delta u}{\Delta R} = \ldots$$

b. Um welchen Faktor ist die Steigung an der "steileren Stelle" größer als an der "flacheren Stelle"?

Aufgabe 2 (20P)

In der Aufgabe soll die Sprungantwort eines PI-Reglers untersucht werden. Der Verlauf der Regeldifferenz ist in der Abbildung eingetragen. Sie verändert sich zum Zeitpunkt t = 2 s auf den Wert e = 2. Die Stellgröße y beträgt zum Zeitpunkt t=0 genau 3, also y(t=0)=3. Dies ist die Anfangsbedingung.



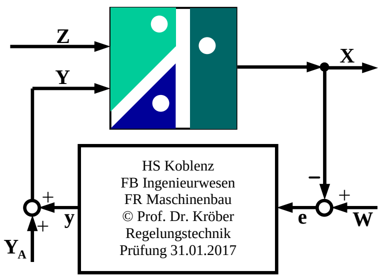
Zahlenwerte für den Regler:

$K_p = 1$
$T_n = 4$ s

Hilfestellung:

PI-Regler
(mit Integrationskonstante für Anfangsbedingung)

$$y(t) = K_P \cdot (e + \frac{1}{Tn} \int e \cdot dt) + C$$



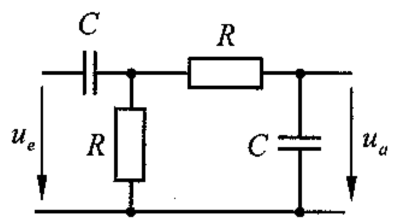
a. Berechnen Sie den Verlauf der Stellgröße für den Zeitraum bis t = 10s und tragen Sie den Verlauf der Stellgröße in das Diagramm ein!

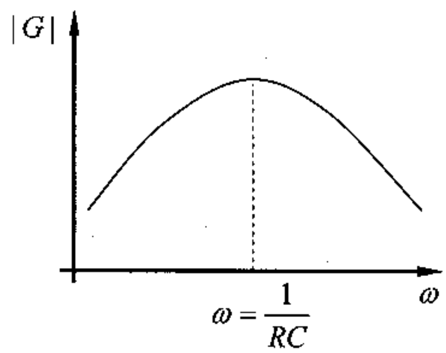
b. Berechnen Sie den Verlauf der Stellgröße (für gleichen Zeitraum wie a.) mit dem angegebenen Rekursionsalgorithmus und tragen Sie den Verlauf ebenfalls in das Diagramm ein! Wählen Sie als Zeitschritt $\Delta t = 1$ s.

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

Aufgabe 3 (12P)

Bei der abgebildeten Schaltung handelt es sich um einen passiven Bandpassfilter. Der Betrag |G| des Frequenzganges erreicht für $\omega RC = 1$ ein absolutes Maximum. Wie groß ist dieses absolute Maximum? Wie groß ist die Phasenverschiebung für diesen Fall?





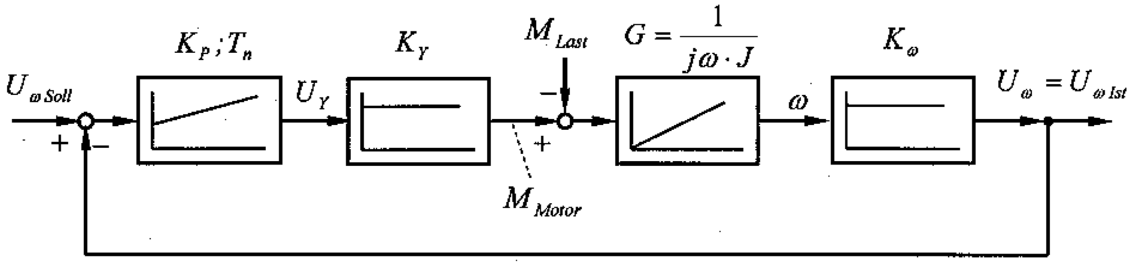
Der Frequenzgang wurde bereits berechnet und lautet:

$$G = \frac{\underline{u}_a}{\underline{u}_e} = \frac{j\omega RC}{1 + 3j\omega RC + (j\omega RC)^2}$$

Hilfestellungen: $j^2 = -1$; $\tan\varphi = \frac{Im}{Re}$

Aufgabe 4 (16P)

Die Abbildung zeigt einen Wirkungsplan für die Drehzahlregelung eines Servomotors. Es handelt sich um ein Gesamtsystem 2. Ordnung.



a. Bestimmen Sie zunächst den Führungsfrequenzgang!

Ziel: $G_w = \dfrac{U_{\omega\,Ist}}{U_{\omega\,Soll}} = f(j\omega, K_P, T_n, K_Y, K_\omega, J)$

b. Entwickeln Sie eine Gleichung zur Bestimmung des Dämpfungsgrades!

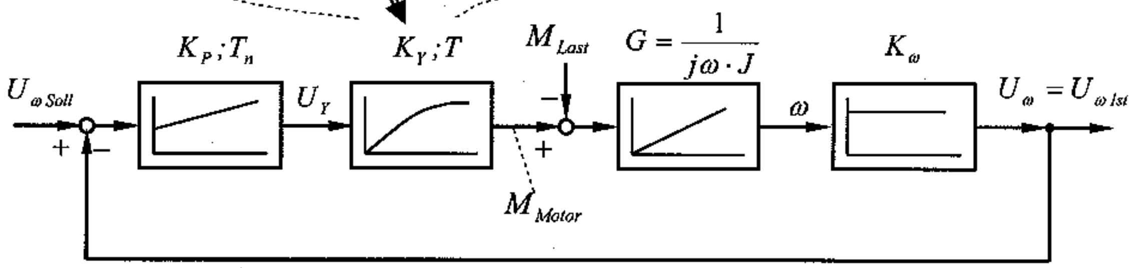
Ziel: $\vartheta = f(K_P, T_n, K_Y, K_\omega, J)$

c. Der Dämpfungsgrad sei gleich Eins. Welcher Wert ergibt sich dann für T_n?
Zahlenmäßige Lösung nur für Fragestellung c.
Geg.: K_P = 4; K_Y = 1 Nm/V; K_ω = 0,06366 V/s^{-1}; J = 0,01 kgm²

Aufgabe 5 (14P)

Die Abbildung zeigt einen Wirkungsplan für die Drehzahlregelung eines Servomotors. Hier ist die Verzögerung des Motorantriebes mit berücksichtigt (Zeitkonstante T). Es handelt sich um ein Gesamtsystem 3. Ordnung. Bestimmen Sie mit dem Hurwitzverfahren eine Gleichung zur Einstellung der Nachstellzeit!

Hinweis: Dies ist geändert im Vergleich zu Aufgabe 4



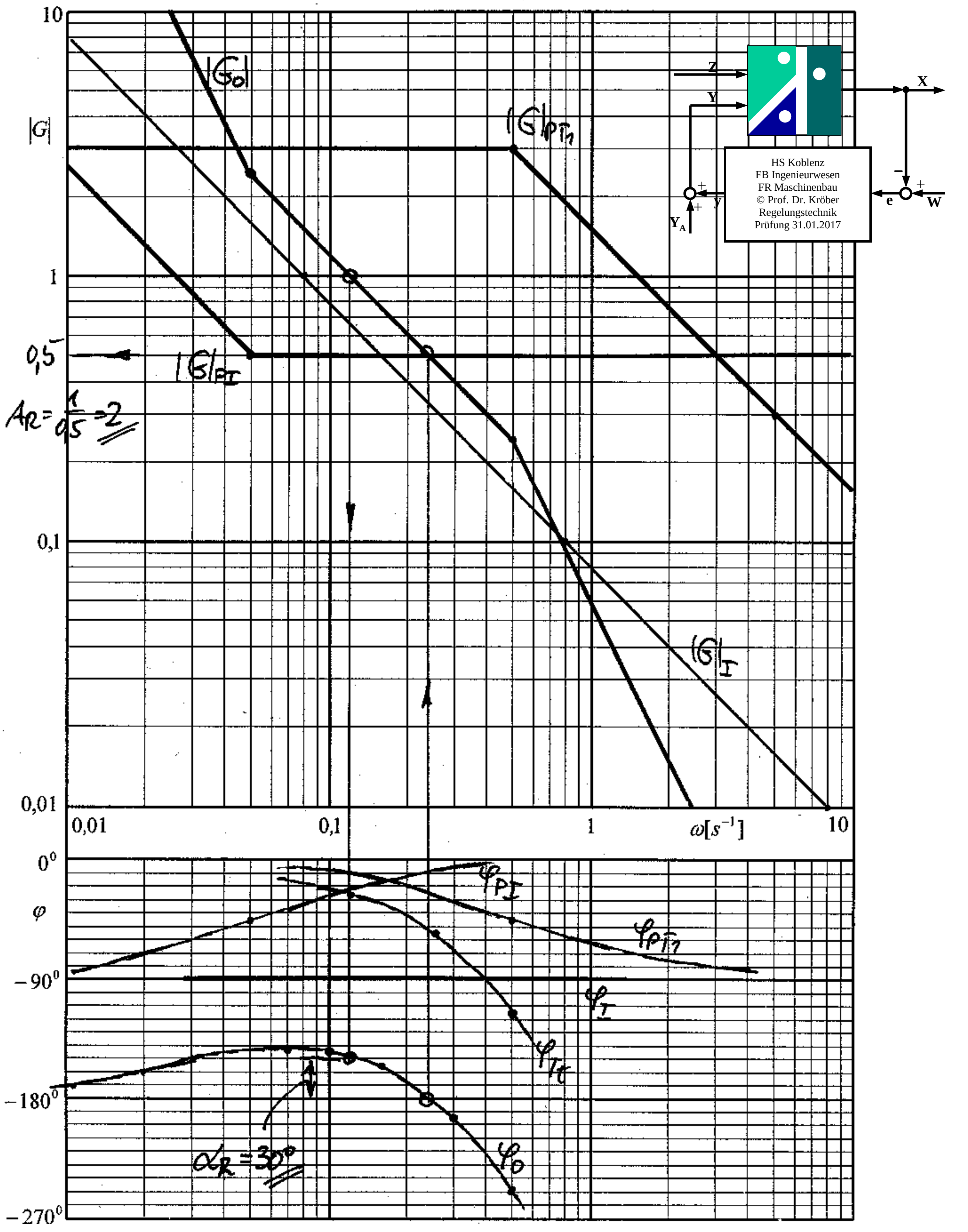
Hilfestellung Hurwitzverfahren: $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$

Aufgabe 6 (26P)

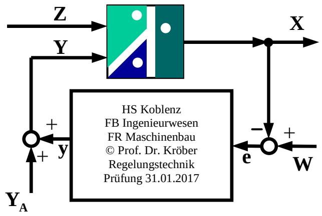
Stellen Sie im Bode-Diagramm den angegebenen Frequenzgang des offenen Regelkreises dar und ermitteln Sie die Amplituden- und Phasenreserve!

$$G = G_0 = \frac{K_I}{j\omega}\cdot\frac{K_1}{1+j\omega T_1}\cdot e^{-j\omega T_t}\cdot K_P\cdot\left(1+\frac{1}{T_n j\omega}\right)$$

Zahlenwerte: $K_I = 0{,}08\,s^{-1}$; $K_1 = 3$; $T_1 = 2\ s$; $T_t = 4\ s$; $K_P = 0{,}5$; $T_n = 20\ s$;



Prüfung Regelungstechnik 31.01.17



1,a) $$\left.\frac{\partial u}{\partial R}\right|_{10k\Omega} = \frac{2{,}619-2{,}368}{11-9}\ \frac{V}{k\Omega} = 0{,}1255\ V/k\Omega$$

$$\left.\frac{\partial u}{\partial R}\right|_{40k\Omega} = \frac{4{,}020-3{,}980}{41-39}\ \frac{V}{k\Omega} = 0{,}0200\ V/k\Omega$$

b) $$\frac{0{,}1255}{0{,}0200} = 6{,}275$$ (Faktor größere Steigung)

2,a) $$y = K_p\left(e + \frac{1}{T_n}\int e\,dt\right) + C$$ $C = 3$ (= Konst)

ab $t = 2s$:

$$y = 1\left(2 + \frac{1}{4s}\int 2\,dt\right) + 3 = 2 + \underbrace{\frac{1}{2}}_{\text{Steigung } 1/2} t + 3 = 5 + \frac{t}{2} \quad (\text{ab } t = 2s)$$

b) $$y_i = y_{i-1} + 1\left[\left(1+\frac{1}{4}\right)e_i - e_{i-1}\right] = y_{i-1} + \frac{5}{4}e_i - e_{i-1}$$

$i = 2$ ($t = 2s$): $$y_2 = y_1 + \frac{5}{4}e_2 - e_1 = 3 + \frac{5}{4}\cdot 2 - 0 = 5{,}5$$

$$y_3 = y_2 + \frac{5}{4}e_3 - e_2 = 5{,}5 + \underbrace{\frac{5}{4}\cdot 2 - 2}_{0{,}5} = 6{,}0$$

wächst stets um 0,5

zu 3) $$G = \frac{u_a}{u_e} = \frac{j\omega RC}{1 + 3j\omega RC + (j\omega RC)^2} \underset{\omega RC = 1}{=} \frac{j}{1+3j+j^2} = \frac{\cancel{j}}{\cancel{1}+3\cancel{j}\cancel{-1}} = \frac{1}{3}$$

$$\boxed{|G| = 1/3}$$

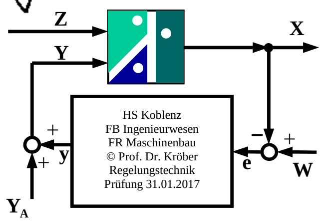
$$\operatorname{Re} G = 1/3;\ \operatorname{Im} G = 0 \Rightarrow \tan\varphi = \frac{\operatorname{Im}}{\operatorname{Re}} = \frac{0}{1/3} = 0 \Rightarrow \underline{\underline{\varphi = 0^\circ}}$$

Prüfung Regelungstechnik 31.01.17

zu 4, a)

$$G_W = \frac{K_P\left(1+\frac{1}{T_n j\omega}\right)\cdot K_Y\cdot\frac{1}{j\omega J}\cdot K_W}{1+K_P\left(1+\frac{1}{T_n j\omega}\right)K_Y\cdot\frac{1}{j\omega J}\cdot K_W}\cdot\frac{T_n j\omega\cdot j\omega J}{T_n j\omega\cdot j\omega J}$$

$$= \underline{\underline{\frac{K_P(1+T_n j\omega)\cdot K_y\cdot K_W}{T_n j\omega\cdot j\omega J + K_P(1+T_n j\omega)\cdot K_y\cdot K_W}}}\cdot\frac{1/T_n J}{1/T_n J}$$



b)

$$G_W = \frac{\circ\circ\circ}{(j\omega)^2 + (j\omega)\underbrace{\frac{K_P \cancel{T_n} K_y\cdot K_W}{\cancel{T_n} J}}_{2\delta} + \underbrace{\frac{K_P K_y\cdot K_W}{T_n J}}_{\omega_0^2}}$$

$$d = \frac{\delta}{\omega_0} = \frac{\frac{1}{2}\frac{K_P K_Y\cdot K_W}{J}}{\sqrt{\frac{K_P K_y\cdot K_W}{T_n J}}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{T_n K_P K_y\cdot K_W}{J}} \overset{!}{=} 1 \quad\Rightarrow 4J = T_n K_P K_y\cdot K_W$$

c)

$$\underline{\underline{T_n}} = \frac{4J}{K_P K_y\cdot K_W} = \frac{4\cdot 0{,}01}{4\cdot 1\cdot 0{,}06366}\,s = \underline{\underline{0{,}1571\,s}}$$

zu 5)

$$G_W = \frac{K_P\left(1+\frac{1}{T_n j\omega}\right)\frac{K_y}{1+j\omega T}\cdot\frac{1}{j\omega J}\cdot K_W}{1+K_P\left(1+\frac{1}{T_n j\omega}\right)\frac{K_y}{1+j\omega T}\,\frac{1}{j\omega J}\cdot K_W}\cdot\frac{T_n j\omega\,(1+j\omega T)\cdot j\omega J}{T_n j\omega\,(1+j\omega T)\cdot j\omega J}$$

$$= \frac{K_P(1+T_n j\omega)\,K_y\cdot K_W}{T_n j\omega(1+j\omega T)j\omega J + K_P(1+T_n j\omega)\,K_y\cdot K_W}$$

$$= \frac{\circ\circ\circ}{(j\omega)^3\underbrace{T_n T J}_{a_3} + (j\omega)^2\underbrace{T_n J}_{a_2} + (j\omega)\underbrace{K_P T_n K_y\cdot K_W}_{a_1} + \underbrace{K_P K_y\cdot K_W}_{a_0}}$$

$a_0 = K_P K_y K_W$

$a_1 = K_P T_n K_y\cdot K_W$

$a_2 = T_n J$

$a_3 = T_n T J$

Bem.: $a_i > 0$

$$a_1 a_2 > a_0 a_3$$

$$\cancel{K_P} T_n \cancel{K_y} \cancel{K_W} \cancel{T_n} \cancel{J} > \cancel{K_P} \cancel{K_y} \cancel{K_W} \cancel{T_n} T \cancel{J}$$

$$\underline{\underline{T_n > T}}$$