

Regelungstechnik SS 2017
 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 : _____

KURZFRAGEN :

1. In einer Software finden Sie einen/den Regelalgorithmus. Die entsprechende Zeile lautet " $y = y + 0,1 \cdot (3-x)$ ". (3P)

Um welchen Regler handelt es sich? I-Regler

Wie groß ist der Sollwert? W = 3

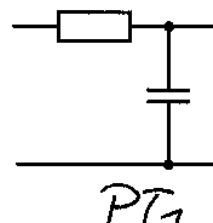
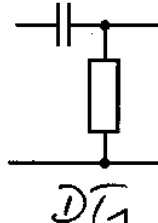
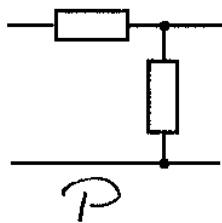
2. Worin besteht der wesentliche Unterschied zwischen einer Steuerung und einer Regelung (3P)?

Steuerung: offene Wirkungskette
Regelung: geschlossener Kreis

3. Welcher Frequenzgang ist der Ausgangspunkt für das Nyquistkriterium? (1P)

G_0

4. Welches Übertragungsverhalten (im Sinne der Regelungstechnik) besitzen die beiden Schaltungen? (4P)



5. Eine Regelstrecke 2. Ordnung mit einem P-Regler kann nicht instabil werden. Welche Ordnung muss die Regelstrecke mindestens haben, damit eine Instabilität möglich ist? (2P)

3. Ordnung

6. Zwei Übertragungsblöcke ($|G_1|, \varphi_1, |G_2|, \varphi_2$) werden in Reihe geschaltet. Wie bestimmt man $|G_{ges}|$ und φ_{ges} ? (3P)

$|G_{ges}| = |G_1| \cdot |G_2|$ $\varphi_{ges} = \varphi_1 + \varphi_2$

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	

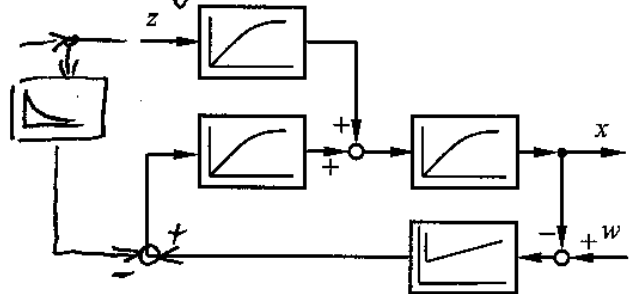
HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 11.07.2017

7. Nennen Sie je ein regelungstechnisches Beispiel, bei dem die Auslegung nach "Führungsverhalten" und "Störungsverhalten" erfolgt! (3P)

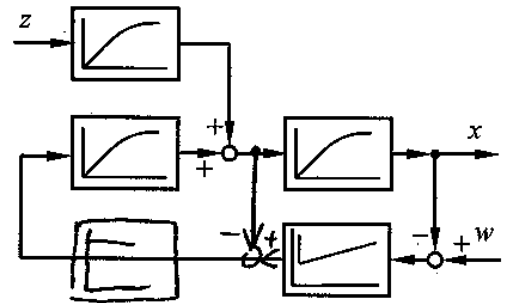
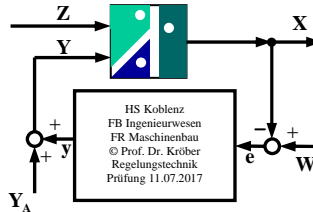
Führung: Sollwerttemperatur im Backofen

Störung: Geschwindigkeitsregelung PKW (Tempomat)

8. Erweitern Sie den angegebenen Wirkungsplan so, dass eine Störgrößenaufschaltung entsteht! (3P)



9. Erweitern Sie den angegebenen Wirkungsplan so, dass eine Kaskadenregelung entsteht! (3P)



RECHENTEIL :

Aufgabe 1 (14P)

In der Abbildung ist die statische Kennlinie einer Regelstrecke eingetragen.

- a. Wie groß ist K_S ?
- b. Ergänzen Sie in der Abbildung die Kennlinie eines P-Reglers. Wo liegt der Arbeitspunkt (geregeltes System)?

Allgemeine Gleichung eines P-Reglers:

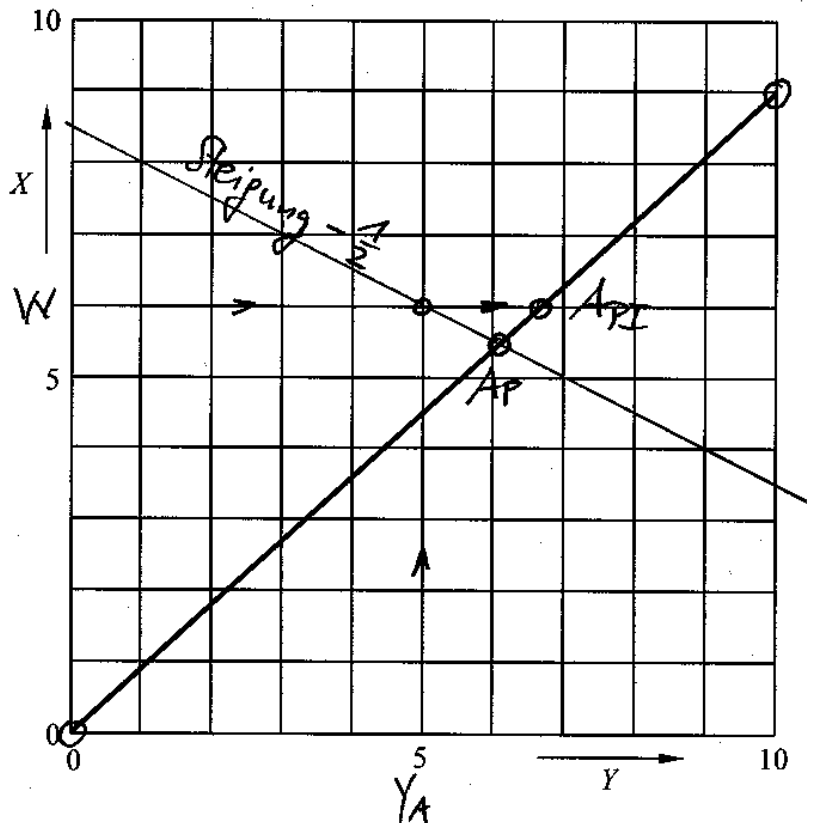
$$Y = Y_A + K_P \cdot (W - X)$$

Hierbei sei:

$$Y_A = 5; W = 6; K_P = 2$$

- c. Wo liegt der Arbeitspunkt, wenn ein PI-Regler verwendet wird?

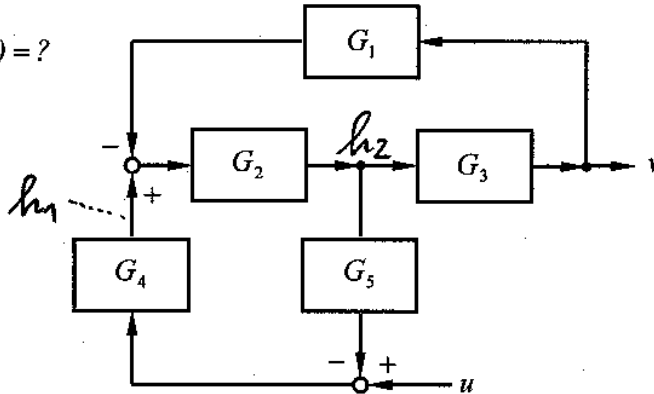
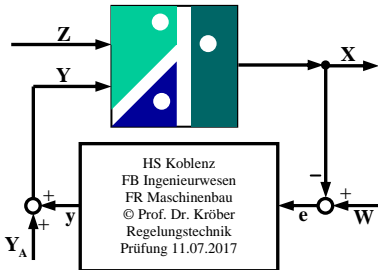
$$K_S = \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \frac{9}{10} = 0,9$$



Aufgabe 2 (14P)

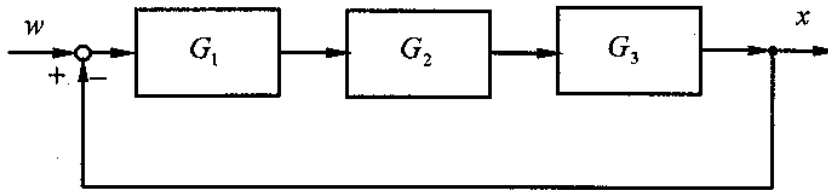
Für das angegebene System soll durch das Einführen von Hilfsgrößen der Gesamtfrequenzgang bestimmt werden.

Ziel: $G = \frac{v}{u} = f(G_1, G_2, G_3, G_4, G_5) = ?$

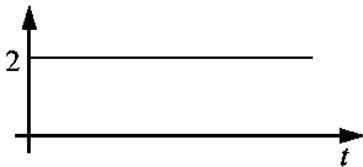


Aufgabe 3 (20P)

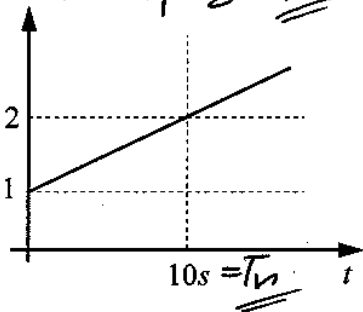
Von dem abgebildeten Regelkreis sind jeweils die Sprungantworten bekannt. Dabei ist "Eingang 1" die Eingangsgröße von Übertragungsblock 1 und "Ausgang 1" die Ausgangsgröße von Übertragungsblock 1 usw..



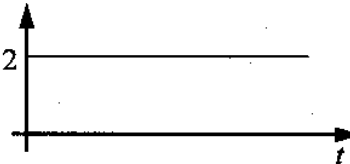
Eingang 1



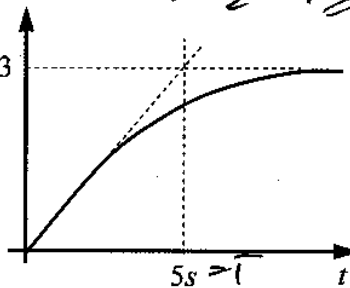
Ausgang 1



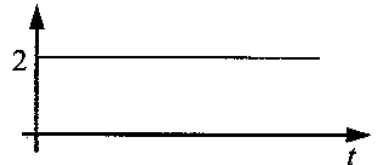
Eingang 2



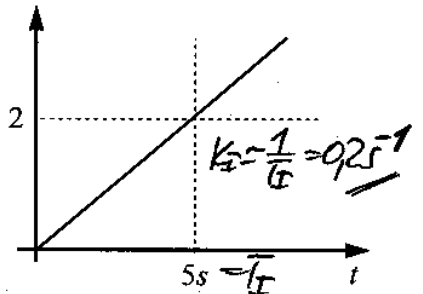
Ausgang 2



Eingang 3



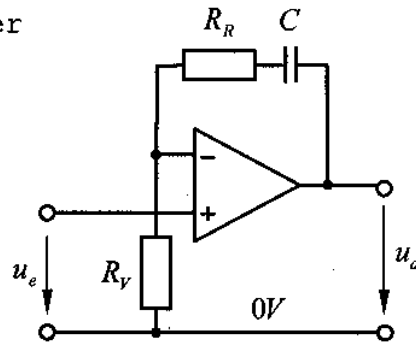
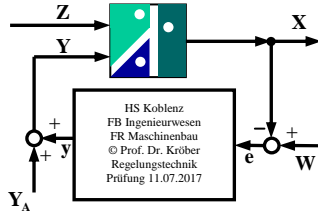
Ausgang 3



- Es werden die üblichen Bezeichnungen verwendet. Bestimmen Sie zahlenmäßig K , K_T , K_p , T und T_n (hier alphabetisch genannt)!
- Geben Sie die Gleichung für den Führungsfrequenzgang an und ermitteln Sie mit dem Hurwitzverfahren eine Stabilitätsbedingung (formelmäßige Lösung)! Ist der Regelkreis mit den angegebenen Zahlenwerten stabil? Hilfestellung: $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$

Aufgabe 4 (14P)

Die Schaltung zeigt einen PI-Regler (Schaltung ohne Invertierung). Bestimmen Sie K_p und T_n in Abhängigkeit von R_V , R_R und C !



Aufgabe 5 (20P)

Zur Bestimmung der Parameter bei einer Hebebühne wird eine stationäre Abwärtsbewegung (6 m/min) betrachtet, bei der das Wegeventil plötzlich in die Nullstellung schaltet.

- Wie groß ist der Druck im Zylinder bei der stationären Abwärtsbewegung?
- Wie groß ist das Ölvolumen? Dabei soll das Öl in der Rohrleitung mit berücksichtigt werden (Innendurchmesser Rohrleitung 10 mm, Länge 5m).
- Wie groß ist die Eigenfrequenz des Systems [in Hz]?
- Wie groß ist die Drucküberhöhung infolge des Abbremsens?

Ferner gegeben: $E_{öl} = 1,4 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$

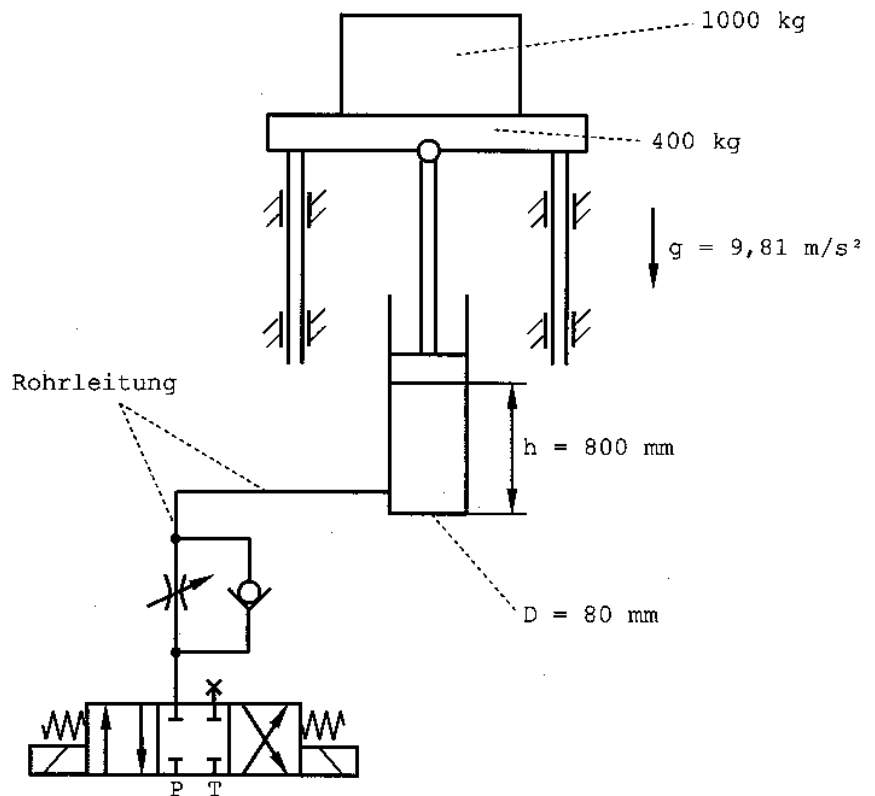
Hilfestellungen:

$$\omega_0^2 = \frac{E_{öl} \cdot A_k^2}{m \cdot V_{öl}}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2 \cdot \pi}$$

$$E_{kin} = \frac{m}{2} \cdot v^2$$

$$E_{pot} = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_{öl}}{E_{öl}} \cdot p^2$$



Aufgabe 6 (18P)

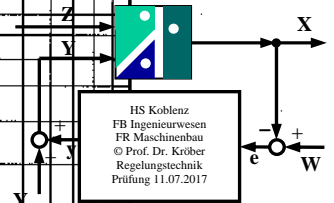
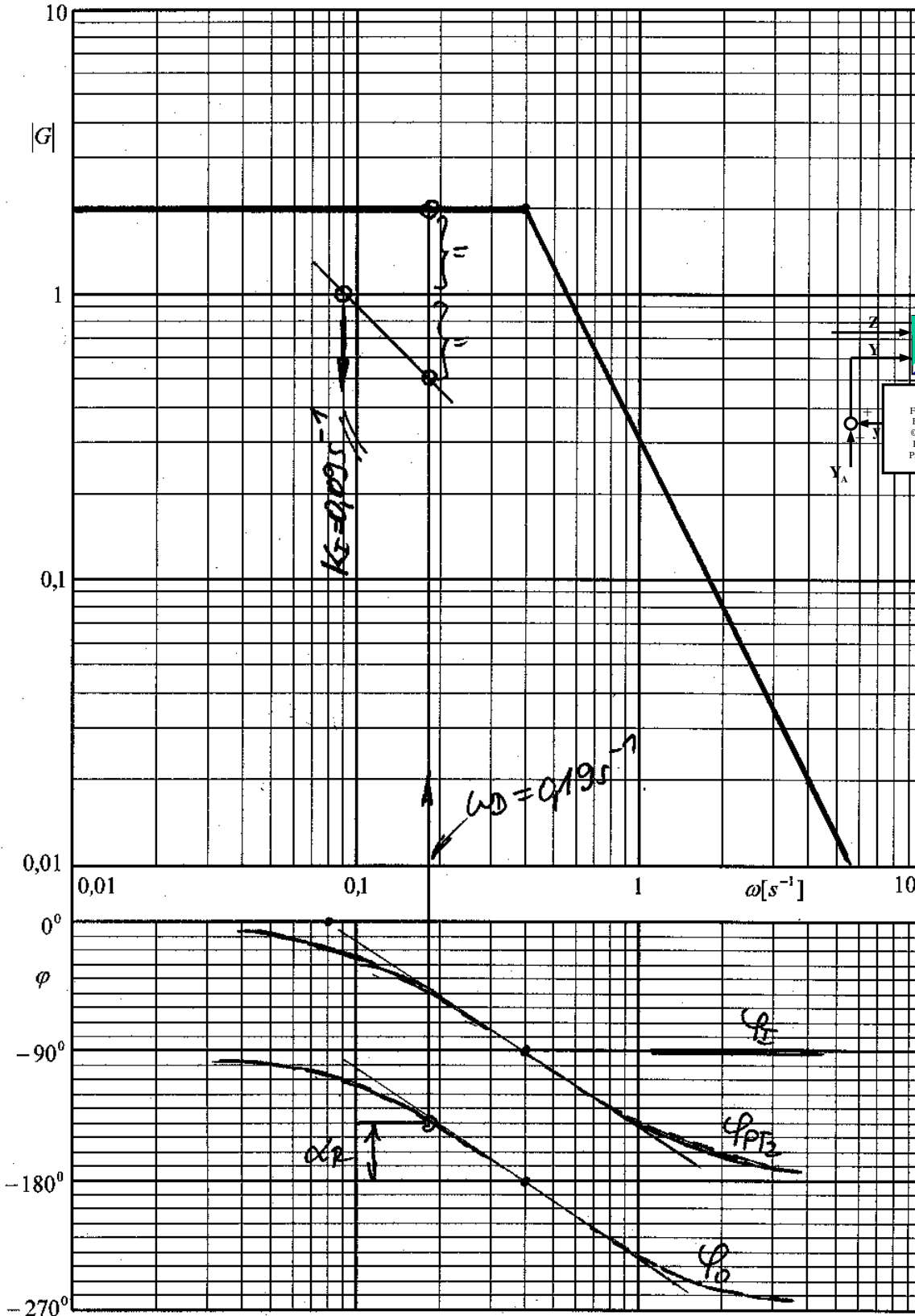
Die angegebene Regelstrecke ($K = 2$, $T = 2,5$ s) wird mit einem I-Regler geregelt. Bestimmen Sie K_I so, dass die Phasenreserve 40 Grad beträgt! Weitere Frage: Wie groß kann eine zusätzlich in Reihe geschaltete Totzeit sein, damit der Regelkreis zur Stabilitätsgrenze gelangt?

$$G_s = \frac{K}{(1+j\omega T)^2}$$

$$\rightarrow \alpha R = \omega_D \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{\alpha R}{\omega_D} = \frac{40^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}}{0,195 \text{ s}^{-1}}$$

$$\underline{\underline{\Delta t \approx 3,67 \text{ s}}}$$



HS Koblenz
 FB Ingenieurwesen
 FR Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 11.07.2017

Prüfung Regelungstechnik 11.07.17

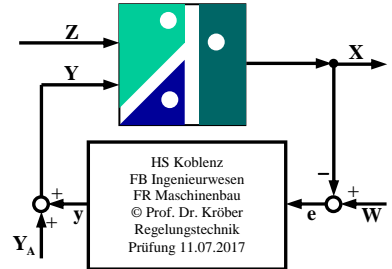
$$\begin{aligned}
 \text{zu 2) } \left. \begin{aligned} \underline{h}_1 &= G_4(\underline{u} - G_5 \cdot \underline{h}_2) \\ \underline{h}_2 &= G_2(\underline{h}_1 - G_1 \cdot \underline{v}) \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \underline{h}_2 &= G_2(G_4(\underline{u} - G_5 \cdot \underline{h}_2) - G_1 \cdot \underline{v}) \\ \underline{v} &= G_3 \cdot \underline{h}_2 \end{aligned} \\
 \underline{v} &= G_3 \cdot \underline{h}_2 \quad \underline{h}_2 = \frac{\underline{v}}{G_3}
 \end{aligned}$$

$$\frac{\underline{v}}{G_3} = G_2(G_4(\underline{u} - G_5 \frac{\underline{v}}{G_3}) - G_1 \cdot \underline{v}) \quad | \cdot G_3$$

$$\underline{v} = G_2(G_4(\underline{u} \cdot G_3 - G_5 \cdot \underline{v}) - G_1 G_3) \underline{v}$$

$$\underline{v}(1 + G_2 G_4 G_5 + G_2 G_1 G_3) = G_2 G_3 G_4 \cdot \underline{u}$$

$$G = \frac{\underline{v}}{\underline{u}} = \frac{G_2 G_3 G_4}{1 + G_2(G_1 G_3 + G_4 G_5)}$$



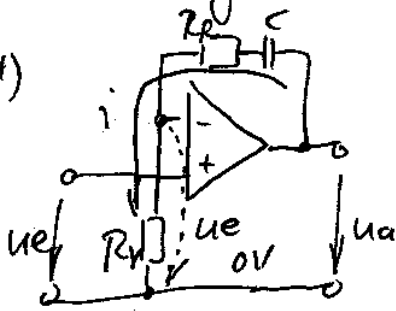
$$\begin{aligned}
 \text{zu 3, b) } G_w &= \frac{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3}{1 + G_1 G_2 G_3} = \frac{K_p(1 + \frac{1}{T_n j\omega})}{1 + K_p(1 + \frac{1}{T_n j\omega})} \cdot \frac{K}{1 + j\omega T} \cdot \frac{K_I}{j\omega} \cdot \frac{T_n j\omega (1 + j\omega T) j\omega}{T_n j\omega (1 + j\omega T) j\omega} \\
 &= \frac{K_p(1 + T_n j\omega) \cdot K \cdot K_I}{T_n j\omega (1 + j\omega T) j\omega + K_p(1 + T_n j\omega) K K_I} \\
 &= \frac{000}{T_n(j\omega)^2 + T_n T(j\omega)^3 + K_p K K_I + (j\omega) K_p T_n K K_I}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha_0 &= K_p K \cdot K_I & \alpha_1 &> 0 \Rightarrow \text{erfüllt} \\
 \alpha_1 &= K_p T_n K K_I & \alpha_1 \alpha_2 &> \alpha_0 \alpha_3 \\
 \alpha_2 &= T_n & K_p T_n K K_I \cdot T_n &> K_p K K_I \cdot T_n T \\
 \alpha_3 &= T_n T & \underline{T_n} &> \underline{T}
 \end{aligned}$$

hier: $T_n > T$
 $105 > 55 \Rightarrow \underline{\underline{\text{stabil}}}$

Prüfung Regelungstechnik 11.07.17

zu 4)



$$\underline{i} = \frac{u_e}{R_v} = \frac{u_a}{R_v + R_r + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$\frac{u_a}{u_e} = \frac{R_v + R_r + \frac{1}{j\omega C}}{R_v} = \underbrace{\frac{R_v + R_r}{R_v}}_{K_p} \left(1 + \frac{1}{j\omega \underbrace{(R_v + R_r) C}_{T_n}} \right)$$

also: $\underline{K_p} = \frac{R_v + R_r}{R_v} = 1 + \frac{R_r}{R_v}$

$\underline{T_n} = (R_v + R_r) \cdot C$

zu 5, a) $\underline{p_{stat}} = \frac{m \cdot g}{A_k} = \frac{1400 \cdot 9,81}{0,08^2 \frac{\pi}{4}} \text{ Pa} = \underline{\underline{27,323 \text{ bar}}}$

b) $\underline{V_{öl}} = (0,01^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 5 + 0,08^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,8) \text{ m}^3 = 0,393 \text{ Ltr} + 4,021 \text{ Ltr} = \underline{\underline{4,414 \text{ Ltr}}}$

c) $\underline{f_0} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{E_{öl} \cdot A_k^2}{m \cdot V_{öl}}} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{1,4 \cdot 10^9 (0,08^2 \cdot \frac{\pi}{4})^2}{1400 \cdot 0,004414}} \text{ Hz} = \underline{\underline{12,04 \text{ Hz}}}$

d)

$$E_{kin} = E_{pot}$$

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \frac{V_{öl}}{E_{öl}} \cdot p^2$$

$$p = \sqrt{\frac{m \cdot E_{öl}}{V_{öl}}} \cdot v$$

$\underline{p = p_{dyn}} = \sqrt{\frac{1400 \cdot 1,4 \cdot 10^9}{0,004414}} \cdot \frac{6}{60} \text{ Pa} = \underline{\underline{21,072 \text{ bar}}}$

