

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

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

Note : _____

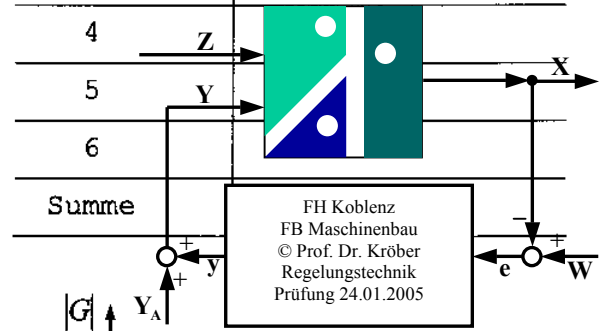
K U R Z F R A G E N :

1. Skizzieren Sie anhand des nebenstehenden Bode-Diagramms, wie aus dem Frequenzgang der Regelstrecke die Parameter K_p krit und T_n krit ermittelt werden können! (4P)
2. Sie haben die Vermutung, dass die Verstärkung eines PI-Reglers erhöht werden kann. Wie müssen Sie K_p bzw. alternativ T_n verändern? (2P)
3. Durch welches ein Übertragungsglied kann ein Temperaturfühler angenähert werden? (1P)
4. Bei einer Hubvorrichtung wird die Seilwinde mit einem Gleichstrommotor angetrieben. Die Drehzahl des Motors wird als Stellgröße angesehen.
 - a. Die Position der zu hebenden Last sei die Regelgröße. Welches Verhalten besitzt die Regelstrecke? (2P)
 - b. Die Hubgeschwindigkeit der zu hebenden Last sei die Regelgröße. Welches Verhalten besitzt die Regelstrecke? (2P)
5. Bei der Ermittlung der Sprungantwort einer Regelstrecke werden als zeitliche Parameter die Ausgleichszeit T_a und die Verzugszeit T_v ermittelt. Wie ändern sich diese beiden Zeiten, wenn eine im System befindliche Totzeit um 2s erhöht wird? (3P)

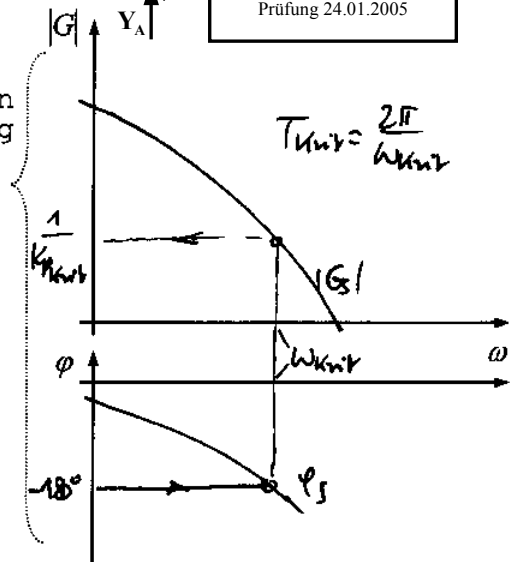
T_n erhöht sich um 2s ; T_a bleibt unverändert

| Aufgabe | erreichte Punkte |
|------------|------------------|
| Fragenteil | |
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| Summe | |

+ Lösung PRN



FH Koblenz
 FB Maschinenbau
 © Prof. Dr. Kröber
 Regelungstechnik
 Prüfung 24.01.2005



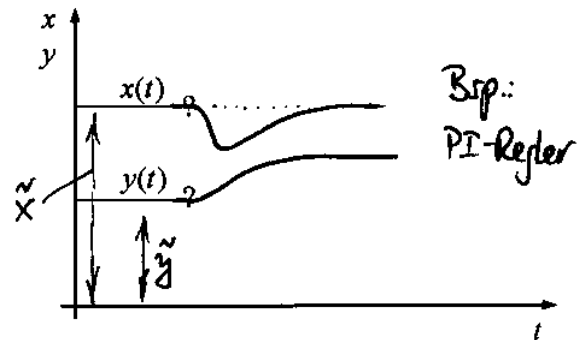
$K_p \uparrow$ $T_n \downarrow$

PT_1

I

P

6. Bei einer Durchflussregelstrecke wird der Durchfluss (Regelgröße x) über die Drehzahl der Pumpe (Stellgröße y) variiert. Ergänzen Sie den Verlauf von Drehzahl und Durchfluss, falls plötzlich ein zusätzlicher Strömungswiderstand in die Anlage "eingebracht" wird! (4P)



Zusatzfrage: (2P)
Schätzen Sie K_S dieser Regelstrecke!

ohne Strömungswiderstand: $K_S \approx \frac{\tilde{x}}{\tilde{y}} \approx 2$

7. Welcher Frequenzgang liegt dem Nyquistkriterium zugrunde? (1P)

G_0

8. Welcher Frequenzgang liefert über den Grenzwertsatz die Aussage, ob bei Sollwertveränderungen eine bleibende Regeldifferenz vorliegt? (1P)

G_w

RECHENTEIL :

Aufgabe 1 (12P)

In dem Kennfeld ist das statische Verhalten einer Regelstrecke abgebildet $X = f(Y)$.

- a. Ermitteln Sie im Arbeitspunkt $Y_A = 3$, $X_A = 4$ den Verstärkungsfaktor K_y !

$$K_y = \left. \frac{\partial X}{\partial Y} \right|_A$$

- b. Die Anlage wird mit einem P-Regler geregelt

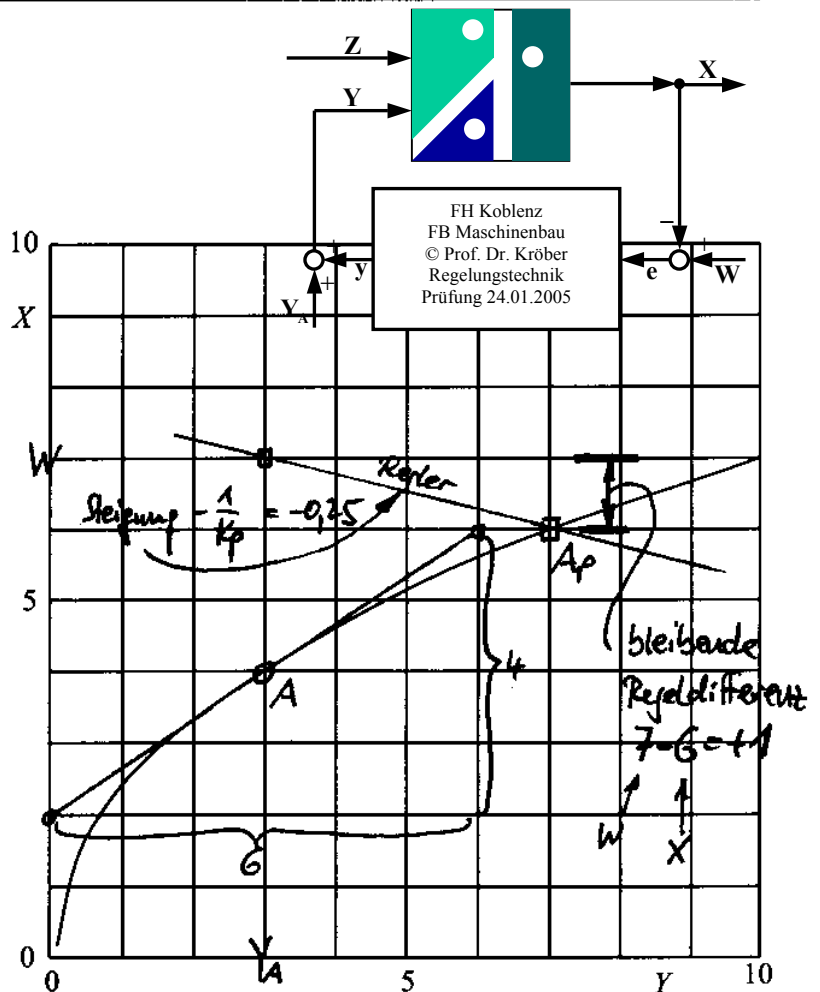
$$Y = Y_A + K_p (W - X)$$

Parameter:

$$\begin{aligned} Y_A &= 3 \\ W &= 7 \\ K_p &= 4 \end{aligned}$$

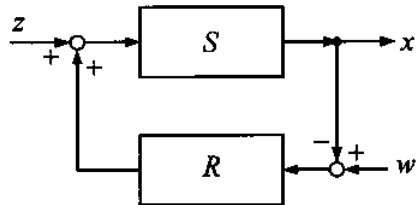
Welcher neue Arbeitspunkt stellt sich ein? Wie groß ist die bleibende Regeldifferenz?

$$\underline{\underline{K_y = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}}}$$



Aufgabe 2 (16P)

Eine Regelstrecke mit PT₁-Verhalten wird mit einem PID-Regler geregelt.



$$G_S = \frac{K_S}{1 + j\omega T}$$

$$G_R = K_p \left(1 + \frac{1}{j\omega T_n} + j\omega T_v \right)$$

- Bestimmen Sie den Störungsfrequenzgang G_z !
- Bestimmen Sie den Dämpfungsgrad (homogene Lösung) in Abhängigkeit der gegebenen Größen!

Ergebnis: $\frac{\delta}{\omega_0} = f(K_S, K_p, T, T_n, T_v) = \dots$

Aufgabe 3 (12P)

Ein PI-Regler wird durch folgende Rekursionsgleichung beschrieben:

$$y_i = y_{i-1} + 2,4 \cdot e_i - 2 \cdot e_{i-1}$$

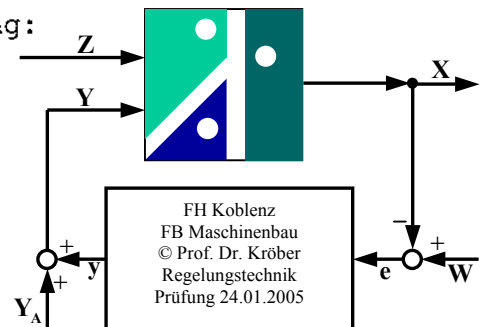
Das Abtastintervall beträgt 0,1 s. Bestimmen Sie K_p und T_n !

Ausgangspunkt:

$$y = K_p \left(e + \frac{1}{T_n} \int e \cdot dt \right)$$

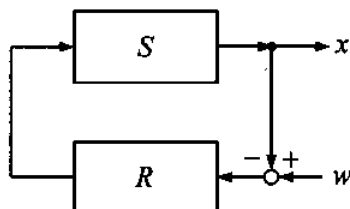
Hilfestellung:

$$\frac{dx}{dt} \approx \frac{x_i - x_{i-1}}{\Delta t}$$



Aufgabe 4 (14P)

Ein Regelkreis besteht aus einer PT₂-Regelstrecke und einem I-Regler. Wie groß ist K_I an der Stabilitätsgrenze?



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

$$G_R = \frac{K_I}{j\omega}$$

Hilfestellungen: $a_1 \cdot a_2 > a_0 \cdot a_3$

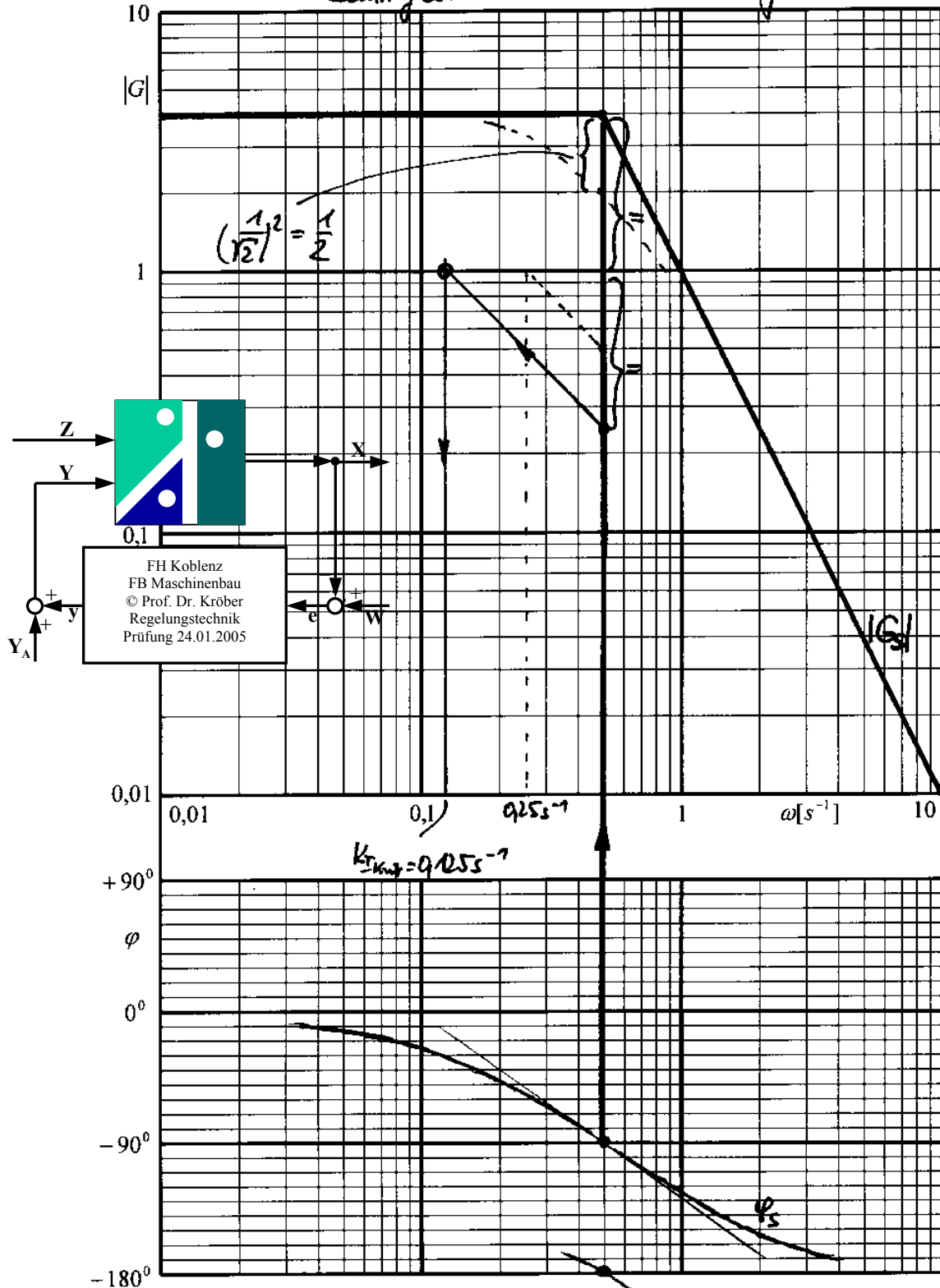
$$(1+a)^2 = 1 + 2a + a^2$$

Ziel K_I : $< f(K_S, T) = ?$

Aufgabe 5 (16P)

Tragen Sie die Regelstrecke aus Aufgabe 4 ins Bode-Diagramm ein (hierbei sei $K_s = 4$ und $T = 2s$) und ermitteln Sie K_T an der Stabilitätsgrenze auf graphischem Weg!

Bem.: gestrichelt exakte Lösung



Aufgabe 6 (18P)

Stellen Sie den folgenden Frequenzgang im Bode-Diagramm dar!

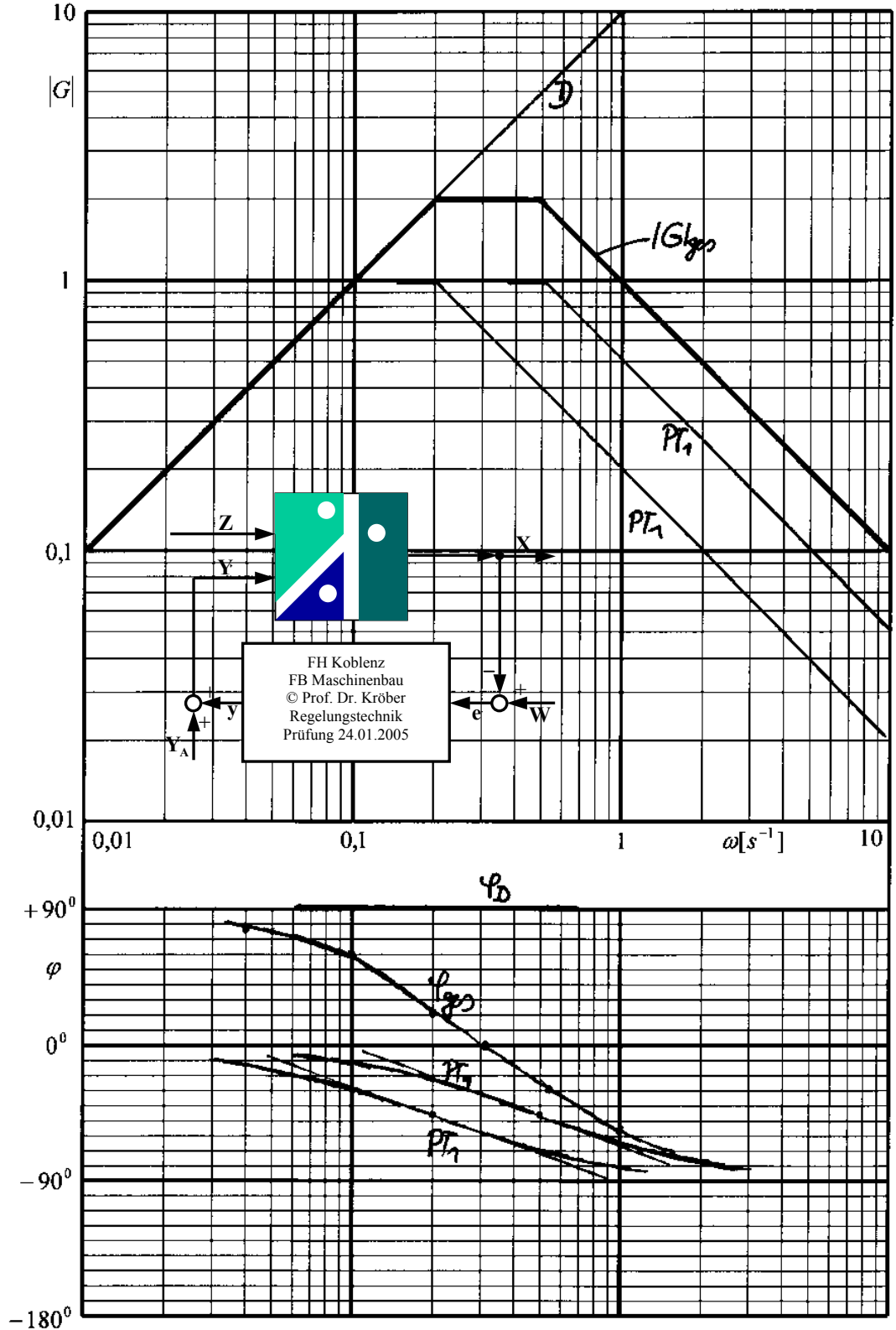
Zahlenwerte:

$$K_D = 10s$$

$$T_1 = 5s$$

$$T_2 = 2s$$

$$G = \frac{K_D j\omega}{(1 + j\omega T_1)(1 + j\omega T_2)}$$



Lösungen Prüfung Regelungstechnik vom 24.01.05

$$\begin{aligned}
 z2) \quad G_z &= \frac{G_S}{1+G_S \cdot G_R} = \frac{\frac{K_S}{1+j\omega T}}{1 + \frac{K_S}{1+j\omega T} K_P \left(1 + \frac{1}{T_I j\omega} + T_V j\omega\right)} \cdot \frac{1+j\omega T}{1+j\omega T} \cdot \frac{T_I j\omega}{T_I j\omega} \\
 &= \frac{K_S T_I j\omega}{(1+j\omega T) T_I j\omega + K_P \cdot K_S (j\omega T_I + 1 + (j\omega)^2 T_V T_I)} \\
 &= \dots = \frac{K_S T_I (j\omega)}{\underbrace{(j\omega)^2 [T_I (T + K_P K_S T_V)] + (j\omega) [T_I (1 + K_P K_S)] + K_P K_S}} \cdot \frac{1}{T_I (T + K_P K_S T_V)}
 \end{aligned}$$

$$G_z = \frac{\dots}{(j\omega)^2 + (j\omega) \frac{T_I (1 + K_P K_S)}{T_I (T + K_P K_S T_V)} + \frac{K_P \cdot K_S}{T_I (T + K_P K_S T_V)}}$$

$$\frac{\delta}{\omega_0} = \dots = \frac{1 + K_P \cdot K_S}{2} \sqrt{\frac{T_I}{K_P \cdot K_S (T + K_P K_S T_V)}}$$

$$\begin{aligned}
 z3) \quad y &= K_P \left(e + \frac{1}{T_I} \int e dt \right) \Big| \frac{d}{dt} \\
 \dot{y} &= K_P \left(\dot{e} + \frac{1}{T_I} \cdot e \right)
 \end{aligned}$$

$$\frac{y_i - y_{i-1}}{\Delta t} = K_P \left(\frac{e_i - e_{i-1}}{\Delta t} + \frac{e_i}{T_I} \right) \Rightarrow y_i = \dots = y_{i-1} + K_P \left(1 + \frac{\Delta t}{T_I} \right) e_i - K_P e_{i-1}$$

Koeff.-vergleich liefert: $-2 = -K_P \Rightarrow \underline{K_P = 2}$

$$24 = K_P \left(1 + \frac{\Delta t}{T_I} \right) \Rightarrow \dots \underline{T_I = 9.5s}$$

$$\begin{aligned}
 z4) \quad G_W &= \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S} = \frac{\frac{K_I}{j\omega} \frac{K_S}{(1+j\omega T)^2}}{1 + \frac{K_I}{j\omega} \frac{K_S}{(1+j\omega T)^2}} \cdot \frac{j\omega (1+j\omega T)^2}{j\omega (1+j\omega T)^2} \\
 &= \frac{K_I \cdot K_S}{j\omega (1+j\omega T)^2 + K_I \cdot K_S} = \dots = \frac{K_I \cdot K_S}{(j\omega + 2T(j\omega)^2 + (j\omega)^3 T^2 + K_I \cdot K_S)}
 \end{aligned}$$

Koeff.-vergleich liefert: $a_0 = K_I \cdot K_S; a_1 = 1; a_2 = 2T; a_3 = T^2$

$$a_i > 0$$

$$a_1 a_2 > a_0 a_3$$

$$1 \cdot 2 \cdot T > K_I K_S T^2 \Rightarrow \underline{\underline{K_I < \frac{2}{K_S T}}}$$

Bem.: Zahlenwerte
Aufg. 5:
 $K_I < 0,25s^{-1}$

