Fachhochschule Koblenz
Fachbereich Ingenieurwesen
Fachrichtung Maschinenbau

Regelungstechnik WS 07/08
Prof. Dr. W. Kröber

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

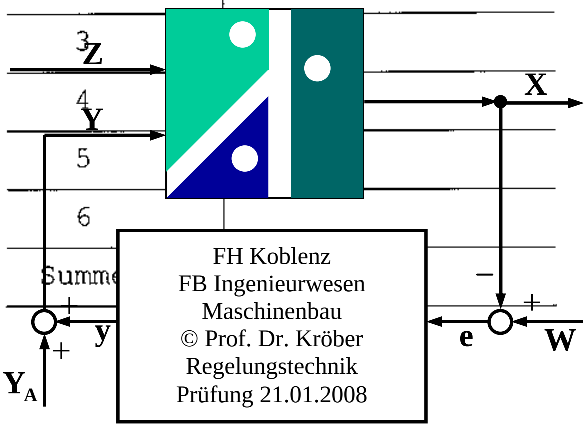
- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
  - Schreib- und Zeichengerät
  - Taschenrechner
  - Formelsammlung (4 Blätter)

Note : ______________________

Name ______________________

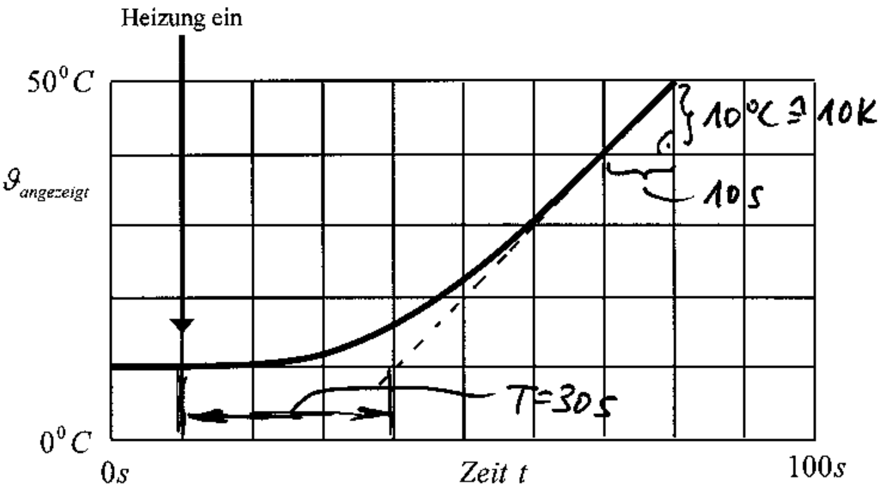
Matr.-Nr. ______________________

Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	+ Lösungen
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



K U R Z F R A G E N :

1. Ein Wasserbad wird elektrisch beheizt. Nach dem Einschalten der Heizung wird folgender Temperaturverlauf aufgezeichnet/angezeigt.



   a. Wie groß ist die Zeitkonstante des Temperaturmesssystems? (2P)

   $T = 30\,s$

   b. Wie groß ist die Heizleistung? (4P)
   (ferner gegeben: m_{Wasser}=0,5kg, c_{Wasser}=4183 J/(kg*K)

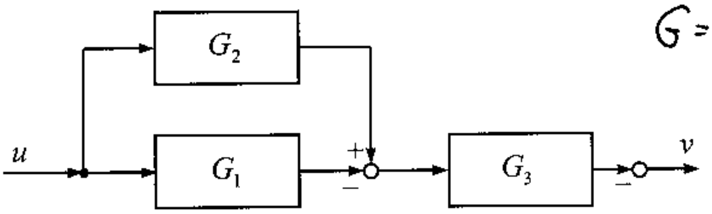
   $P = m \cdot c \cdot \frac{\Delta\vartheta}{\Delta t} = 0{,}5\,kg \cdot 4183\,J/kgK \cdot \frac{10\,K}{10\,s} = 2091{,}5\,W \approx 2090\,W$

2. In der Regelungstechnik werden in einem Wirkungsplan die Vorzeichenumkehrungen besonders berücksichtigt. Welche Aussage können Sie bezüglich der Anzahl der Vorzeichenumkehrungen in einem Regelkreis angeben? (1P)

   ungerade Anzahl (1, 3, 5, ...)

3. Wie lautet der Gesamtfrequenzgang $G = \frac{v}{u}$?

(3P)



$G = (G_2 - G_1) \cdot G_3 \cdot (-1) = G_3 (G_1 - G_2)$

4. Bei einem Regelkreis ist der PI-Regler auf bestimmte Werte eingestellt. In welche Richtung muss man T_n verändern, um eine vorhandene Schwingneigung zu reduzieren? (2P) $T_n \uparrow$

5. Die Abbildung zeigt einen pneumatischen PI-Regler. Tragen Sie in der Abbildung die links angegebenen Größen ein!

$$y = K_P[(w - x) + \frac{1}{T_n}\int(w - x)dt]$$

Führungsgröße w

Regelgröße x

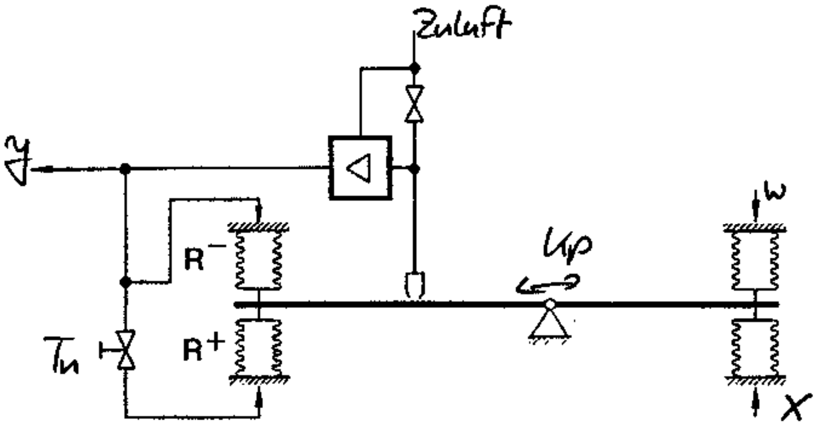
Stellgröße y

Einstellung T_n

Einstellung K_p

Zuluft

(6P)



6. Ein Regelkreis wird mit einem P-Regler betrieben. Dabei wird K_p so weit erhöht, bis sich das System an der Stabilitätsgrenze befindet. Wie kann man dann die Zeit T_{krit} ablesen/ermitteln? (2P)

Periodendauer, mit der das System an Stab.-grenze schwingt

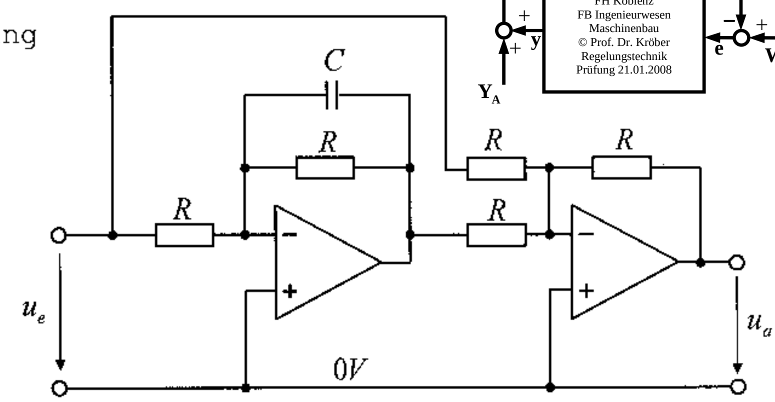
R E C H E N T E I L :

Aufgabe 1 (14P)

Bestimmen Sie den Frequenzgang der abgebildeten Schaltung!

$$G = \frac{u_a}{u_e} = f(\omega RC) = ?$$

Zusatzfrage:
Skizzieren Sie die Sprungantwort der Schaltung!



Aufgabe 2 (11P)

Ein PI-Regler wird durch folgende Gleichungen beschrieben:

$$y = K_p(e + \frac{1}{T_n}\int e \cdot dt) \qquad \text{bzw.} \qquad y_i = y_{i-1} + K_p[(1+\frac{T}{T_n})\cdot e_i - e_{i-1}]$$

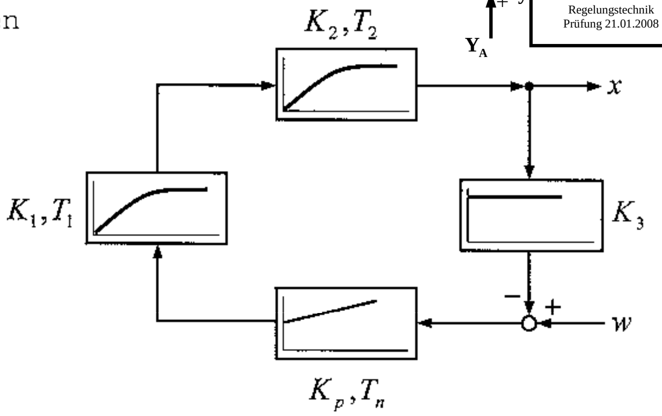
a. Weisen Sie den Zusammenhang zwischen den beiden oben angegebenen Gleichungen nach! Hinweis: Rückwärtsdifferenz $\frac{dx}{dt} \approx \frac{x_i - x_{i-1}}{T}$ verwenden!

b. In einem konkreten Fall lautet der Rekursionsalgorithmus $y_i = y_{i-1} + 3 \cdot e_i - 2 \cdot e_{i-1}$. Das Abtastintervall T sei 0,1s. Wie groß sind die Parameter K_p und T_n ?

Aufgabe 3 (13P)

Die Stabilität des angegebenen Regelkreises soll mit dem Hurwitzverfahren untersucht werden.
Das Ziel ist eine Aussage über die möglichen Einstellwerte von T_n.
Ziel: $T_n > \ldots$

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



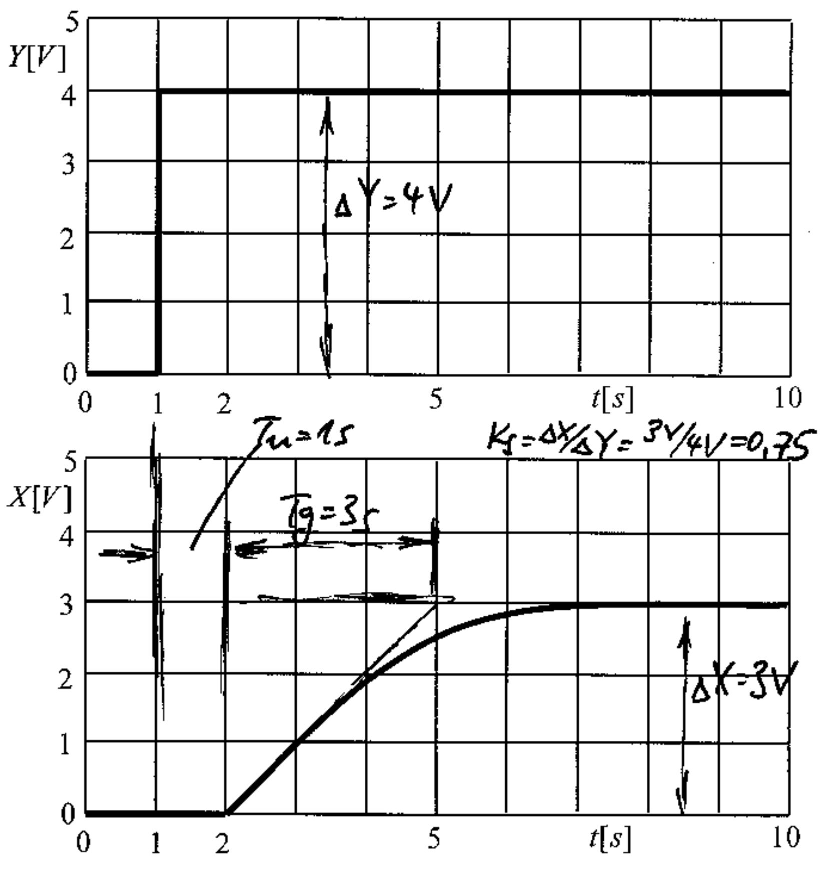
Aufgabe 4 (8P)

Die Abbildung zeigt die Sprungantwort einer Regelstrecke.
Bestimmen Sie die Regler-einstellung nach der Sprungantwort für einen PID-Regler!
Auszug aus den Einstell-regeln:

$$\underline{\underline{K_p}} = \frac{0,6}{K_S}\cdot\frac{T_g}{T_u} = \frac{0,6}{0,75}\cdot\frac{3s}{1s} = \underline{\underline{2,4}}$$

$$\underline{\underline{T_n}} = 1\cdot T_g = 1\cdot 3s = \underline{\underline{3s}}$$

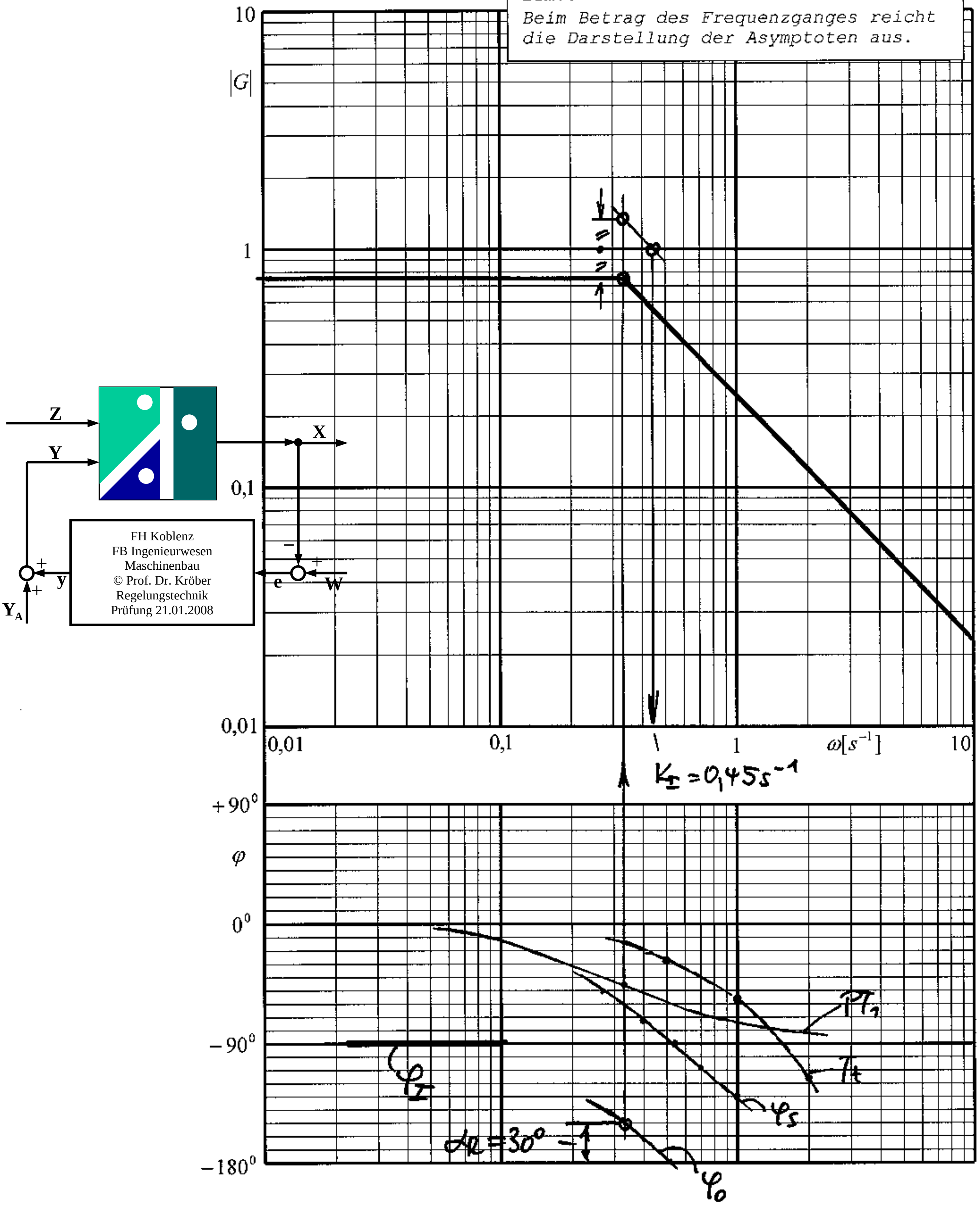
$$\underline{\underline{T_v}} = 0,5\cdot T_u = 0,5\cdot 1s = \underline{\underline{0,5s}}$$



Aufgabe 5 (14P)

Eine Regelstrecke besteht aus einer Reihenschaltung eines PT_1-Elementes und einer Totzeit. Die Sprungantwort dieser Regelstrecke ist in der vorigen Aufgabe (Aufgabe 4) abgebildet. Diese Regelstrecke wird mit einem I-Regler geregelt. Wie groß darf K_I sein, damit die Phasenreserve $\alpha_R = 30^0$ beträgt?

Bem.:
Beim Betrag des Frequenzganges reicht die Darstellung der Asymptoten aus.



Aufgabe 6 (20P)

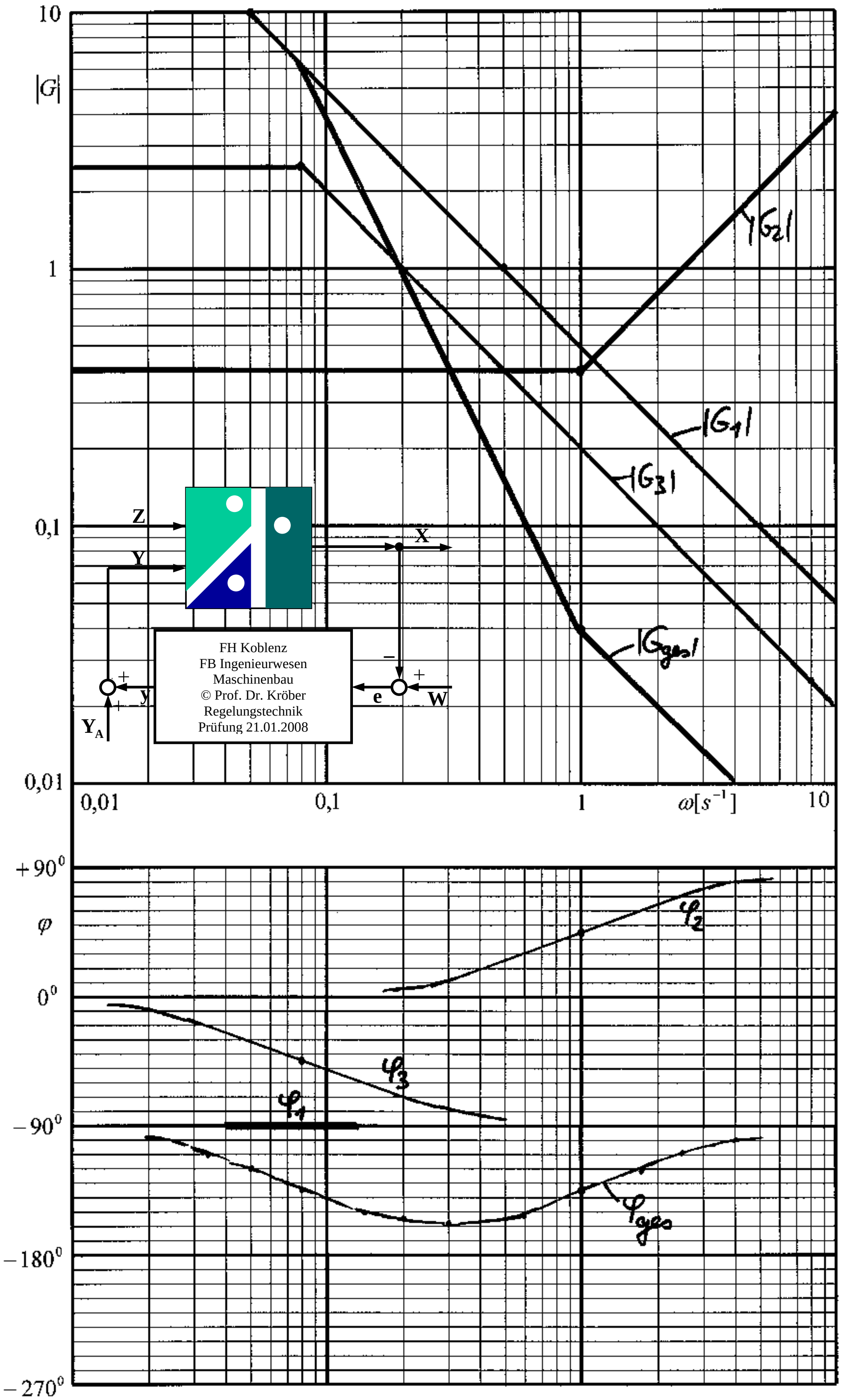
Stellen Sie den Gesamtfrequenzgang $G_{ges} = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3$ im Bode-Diagramm dar!

Einzelelemente:

$$G_1 = \frac{0{,}5 s^{-1}}{j\omega}$$

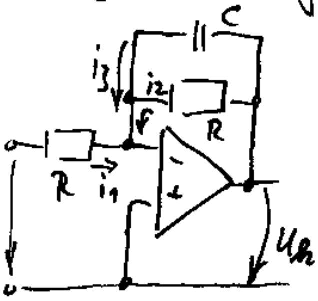
$$G_2 = 0{,}4 \cdot (1 + j\omega(1s))$$

$$G_3 = \frac{2{,}5}{1 + j\omega(12{,}5s)}$$



Lösungen Prüfung Regelungstechnik vom 21.01.08 / Blatt 1

zu 1)

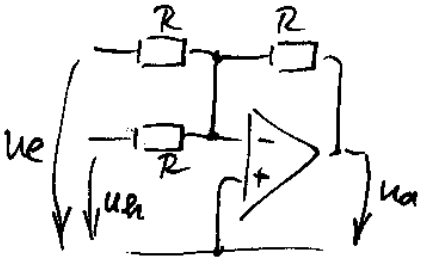


$$i_1 + i_2 + i_3 = 0$$

$$\frac{u_e}{R} + \frac{u_h}{R} + \frac{u_h}{\frac{1}{j\omega C}} = 0$$

$$\frac{u_e}{R} + u_h\left(\frac{1}{R} + j\omega C\right) = 0 \;\Big|\cdot R$$

$$u_h = -\frac{u_e}{1 + j\omega RC} \qquad (1)$$

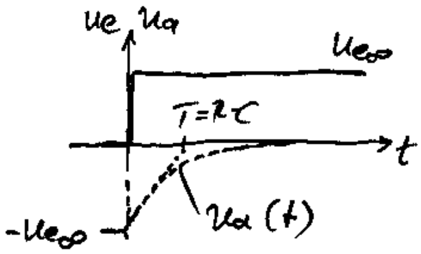


→ Summation (incl. Minuszeichen)

$$u_a = -(u_e + u_h) \qquad (2)$$

(1) in (2): $u_a = -\left(u_e - \frac{u_e}{1 + j\omega RC}\right) = u_e\left(\frac{1}{1+j\omega RC} - 1\right) = u_e\,\frac{\cancel{1}-\cancel{1}-j\omega RC}{1+j\omega RC}$

$$G = \frac{u_a}{u_e} = -\underbrace{\frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}}_{DT_1}$$

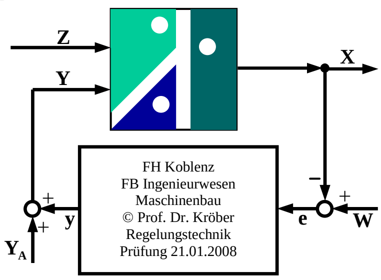


zu 2) $\dot{y} = K_p\left(\dot{e} + \frac{1}{T_n}\cdot e\right)$

$$\frac{y_i - y_{i-1}}{T} = K_p\left(\frac{e_i - e_{i-1}}{T} + \frac{1}{T_n}e_i\right) \longrightarrow y_i = y_{i-1}$$

$$y_i - y_{i-1} = K_p\left(e_i - e_{i-1} + \frac{T}{T_n}e_i\right)$$

$$y_i = y_{i-1} + K_p\left[\left(1 + \frac{T}{T_n}\right)e_i - e_{i-1}\right]$$



b) $y_i = y_{i-1} + \underbrace{K_p\left(1 + \frac{T}{T_n}\right)}_{3}e_i - \underbrace{K_p}_{2}\cdot e_{i-1} \Rightarrow K_p = 2$

$$\underbrace{2\left(1 + \frac{0{,}1s}{T_n}\right)}_{3} \Rightarrow \dots\; T_n = 0{,}2s$$

Lösungen Prüfung Regelungstechnik vom 21.01.08 / Blatt 2

zu 3)

$$G_w = \frac{K_p\left(1+\frac{1}{T_n j\omega}\right)\cdot\frac{K_1}{1+j\omega T_1}\cdot\frac{K_2}{1+j\omega T_2}}{1+K_p\left(1+\frac{1}{T_n j\omega}\right)\cdot\frac{K_1}{1+j\omega T_1}\cdot\frac{K_2}{1+j\omega T_2}\cdot K_3}\cdot\frac{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)\cdot T_n j\omega}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)\cdot T_n j\omega}$$

$$= \frac{K_p(T_n j\omega+1)\cdot K_1\cdot K_2}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)\cdot T_n j\omega + K_p(T_n j\omega+1)\cdot K_1\cdot K_2\cdot K_3}$$

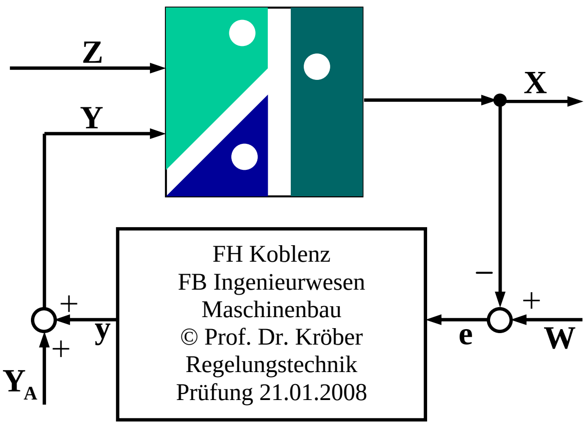
$$= \frac{\circ\circ\circ}{T_n(j\omega)+(j\omega)^2 T_n(T_1+T_2)+(j\omega)^3 T_1 T_2 T_n + K_p T_n K_1K_2K_3(j\omega)+K_1K_2K_3K_p}$$

$a_0 = K_1K_2K_3K_p$

$a_1 = T_n(1+K_1K_2K_3K_p)$

$a_2 = T_n(T_1+T_2)$

$a_3 = T_1T_2T_n$



1. Bed. $a_i > 0$ $\Rightarrow$ erfüllt

2. Bed. $a_1\cdot a_2 > a_0 a_3$

$$T_n(1+K_1K_2K_3K_p)\cancel{T_n}(T_1+T_2) > K_1K_2K_3K_p\cdot T_1T_2\cancel{T_n}$$

$$\underline{\underline{T_n > \frac{K_pK_1K_2K_3}{1+K_pK_1K_2K_3}\cdot\frac{T_1T_2}{T_1+T_2}}}$$