

Klausur Regelungstechnik
Studiengang Technische Informatik
 Prof. Dr.-Ing. W. Kessler

Donnerstag, 05. Februar 2015, 08.00 Uhr, Raum T202 / Außenstelle Tegel

- Zugelassene Hilfsmittel: Alles, jedoch keine Kommunikationsgeräte und keine Laptops etc.
- Versehen Sie bitte jedes Lösungsblatt mit Ihrem Namen und jede Seite mit einer fortlaufenden Seitennummer.
- Falls Teillösungen über mehrere Seiten verteilt sind, versehen Sie diese bitte mit entsprechenden Querverweisen. Nicht gekennzeichnete oder nicht eindeutig zugeordnete Lösungsfragmente werden nicht gewertet!
- Reklamationen der Korrektur und Bewertung nur bei Klausurrückgabe!

Name:
 Vorname:
 Matrikel-Nr.
 Unterschrift:

Aushändigen der korrigierten Klausur (zutreffendes bitte ankreuzen):

- Nur an mich persönlich oder an Kommilitonen/innen mit schriftlicher Vollmacht.
- An Frau / Herrn:
- An alle, die danach fragen.

Dritter (letzter zulässiger) Versuch:

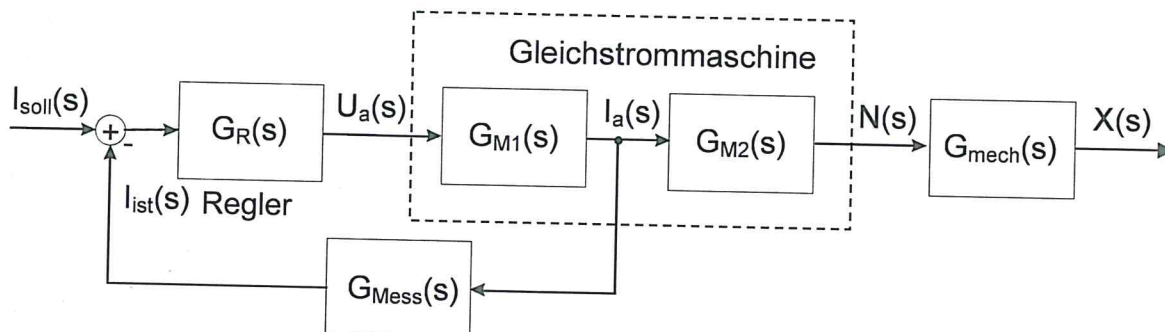
- Nein.
- Ja.

Frage	Max. Punkte	Erreichte Punkte
Aufgabe 1	16	5
Aufgabe 2	19	7
Aufgabe 3	25	6
SUMME	60	18

NOTE: 5,0

Aufgabe 1:

Der Strom der Gleichstrommaschine in einem Stellsystem soll mit Hilfe eines digitalen PI-Reglers geregelt werden. Die eingesetzte Maschine ist ein permanent erregter Gleichstrommotor. Den Aufbau des Teilregelkreises zeigt die Abbildung.



Die Übertragungsfunktion $G_{M1}(s)$ macht (mathematisch) aus der am Motor anliegenden Ankerspannung $U_a(s)$ den Ankerstrom $I_a(s)$. Die Übertragungsfunktion $G_{M2}(s)$ überführt den Ankerstrom $I_a(s)$ in die Drehzahl $N(s)$. Die Übertragungsfunktion des mechanischen Systems $G_{mech}(s)$ überführt die Drehzahl $N(s)$ in die Stellposition $X(s)$.

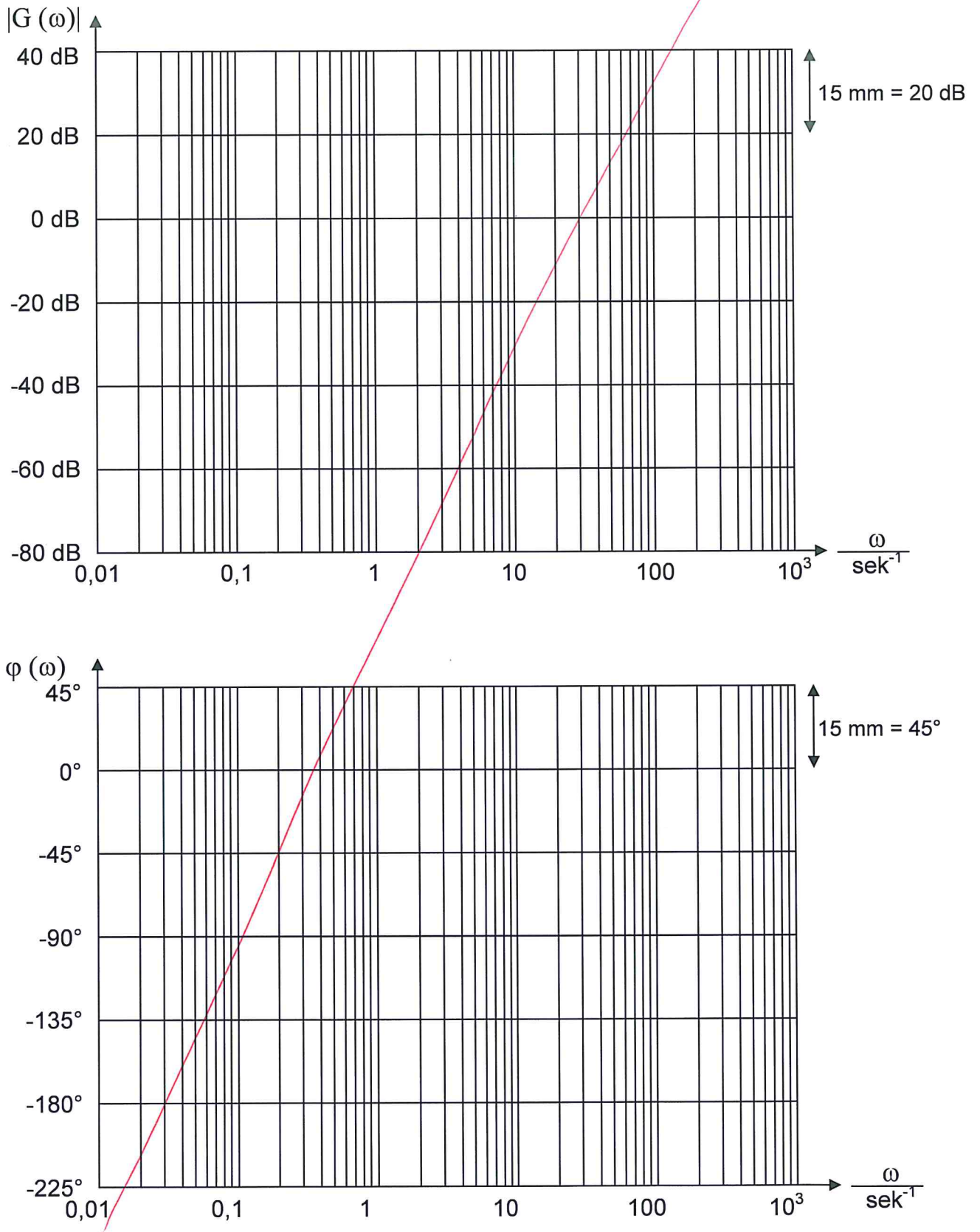
Es gilt:

$$G_{M1}(s) = 948,6 \cdot \frac{s}{(s+10)(s+3)}; \quad G_{M2}(s) = \frac{1}{31,62} \cdot \frac{1}{s}; \quad G_{mech}(s) = \frac{0,135}{s}; \quad G_{Mess}(s) = 1$$

Der Regler soll auf die schnellstmögliche Führungssprungantwort führen, bei der Führungssprungantwort sind 10% Regelabweichung zugelassen.

- Welches Entwurfsverfahren ist zu benutzen?
- Bestimmen Sie die Zeitkonstante des PI-Reglers (mit Begründung).
- Erstellen Sie das Bode-Diagramm der Übertragungsfunktion des offenen Kreises $L(s)$ für $V=1$.
- Bestimmen Sie die notwendige Reglerverstärkung V_R .
- Bestimmen Sie die maximal mögliche Abtastzeit T_a , mit der der digitale Regler betrieben werden kann.
- Bestimmen Sie die Konstanten der z-Transformierten der Übertragungsfunktion des digitalen PI-Reglers durch Verwendung der Ergebnisse aus b), d) und e) und geben sie die Übertragungsfunktion in der z^{-1} -Form an.

Bode-Diagramm zu **Aufgabe 1**:



Aufgabe 2:

Eine Strecke $G_S(s)$ muss in eine Regelung integriert werden, da ihr Führungsverhalten unbefriedigend ist. Erreicht werden soll bei einem Führungssprung ein Überschwingen von maximal 30% und der der Ausgleichsvorgang soll im Wesentlichen in 0,0144 Sekunden ausgeregelt sein. Ein Regelfehler soll im stationären Zustand nicht auftreten.

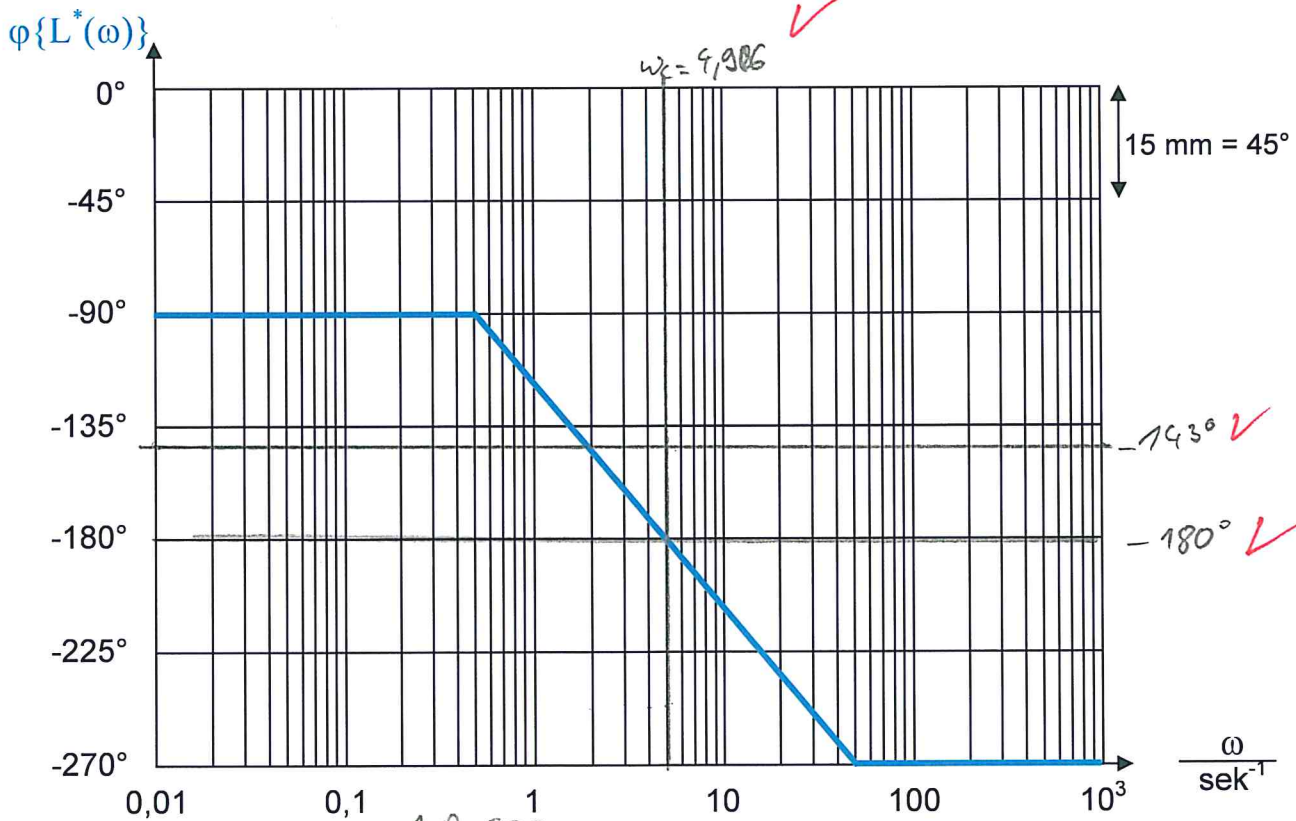
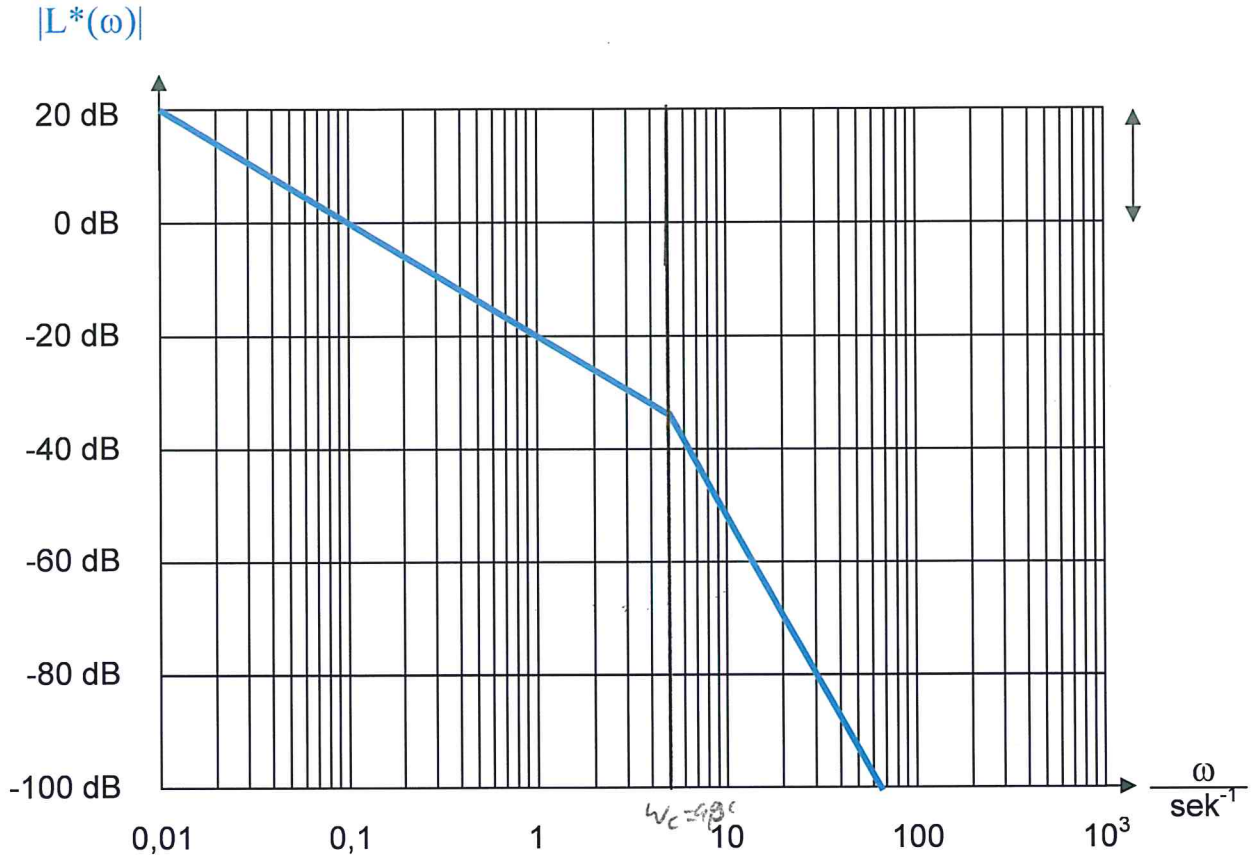
Die Strecke wurde durch eine Messung identifiziert, das Bode-Diagramm auf der folgenden Seite zeigt die asymptotische Näherung für die Übertragungsfunktion des offenen Kreises ohne Regler, d.h. $L^*(\omega)$.

Nehmen Sie an, dass die Übertragungsfunktion des Messgliedes $G_{mess}(s)=1$ ist.

- a. Begründen Sie, welche Regler in Frage kommen.
Hinweis: Hat die Strecke einen integralen Anteil?
- b. Bestimmen Sie die zur Erreichung des geforderten Verhaltens im Zeitbereich notwendigen Werte im Frequenzbereich für den Phasenrand Φ_R und die Durchtrittsfrequenz ω_c .
- c. Treffen und Begründen Sie unter Berücksichtigung der Vorauswahl aus a) nun eine abschließende Reglerauswahl.
- d. Dimensionieren Sie die Zeitkonstante / die Zeitkonstanten des ausgewählten Reglers.
- e. Geben Sie die Übertragungsfunktion $G_R(s)$ des Reglers in der faktorisierten V-Normalform an (V ist noch unbestimmt).
- f. Konstruieren Sie nun den Betragsgang der Übertragungsfunktion des offenen Kreises $|L(\omega)|$ im Amplitudendiagramm des Bode-Diagramms.
- g. Bestimmen Sie mit dem Ergebnis aus e) die notwendige Verstärkung V des Reglers.

Bode-Diagramm zu **Aufgabe 2:**

4) 0/5



$A_0 = 320$

Aufgabe 3:

Für ein System mit der Übertragungsfunktion

$$G_S(s) = \frac{0.1}{(1 + 0,5 \cdot s)(1 + 0,166 \cdot s)}$$

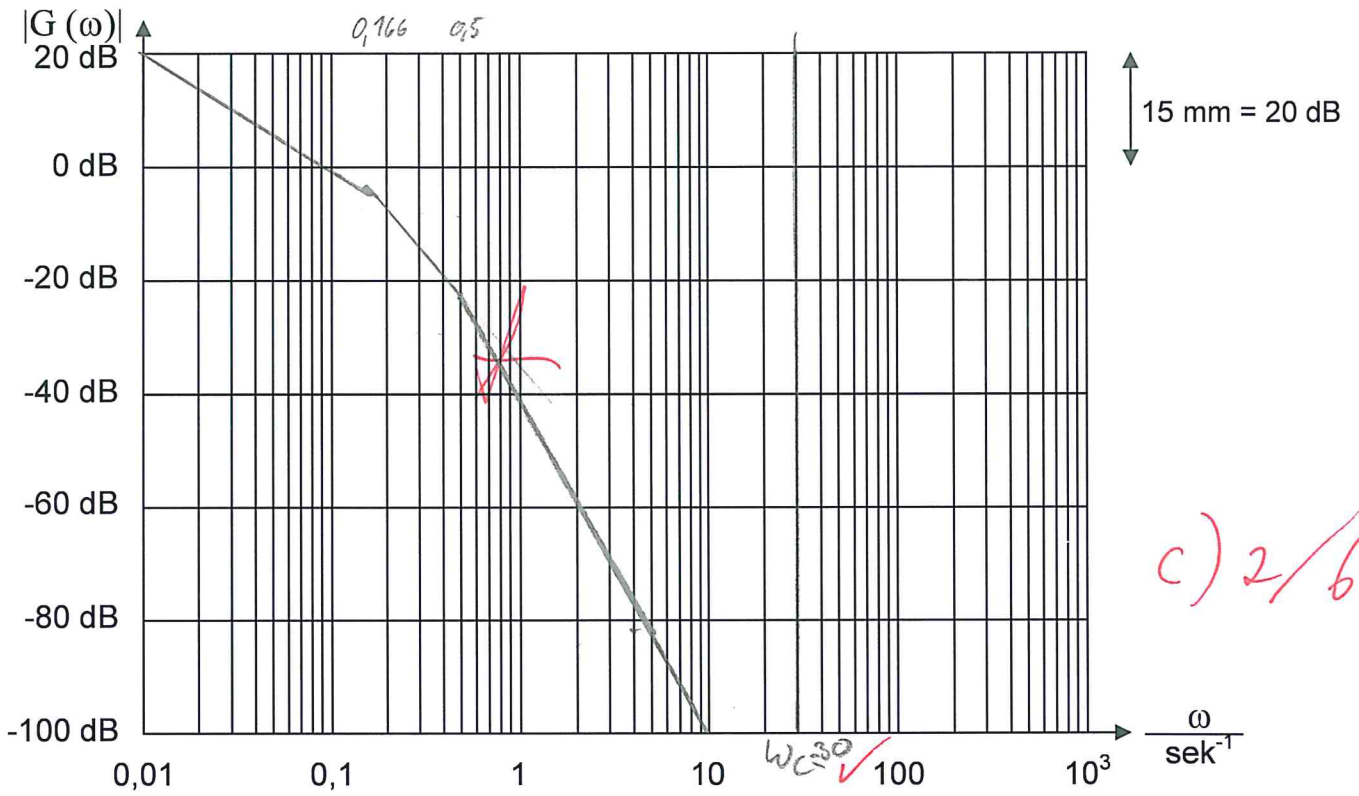
soll ein Regler dimensioniert werden. Die Führungssprungantwort darf maximal 22,5 % Überschwingen, es soll dabei keine bleibende Regelabweichung entstehen und in 0,048 Sekunden soll der Ausgleichsvorgang im Wesentlichen ausgeregelt sein.

Das Messglied für diesen Regelkreis hat eine Übertragungsfunktion $G_M(s) = 1$.

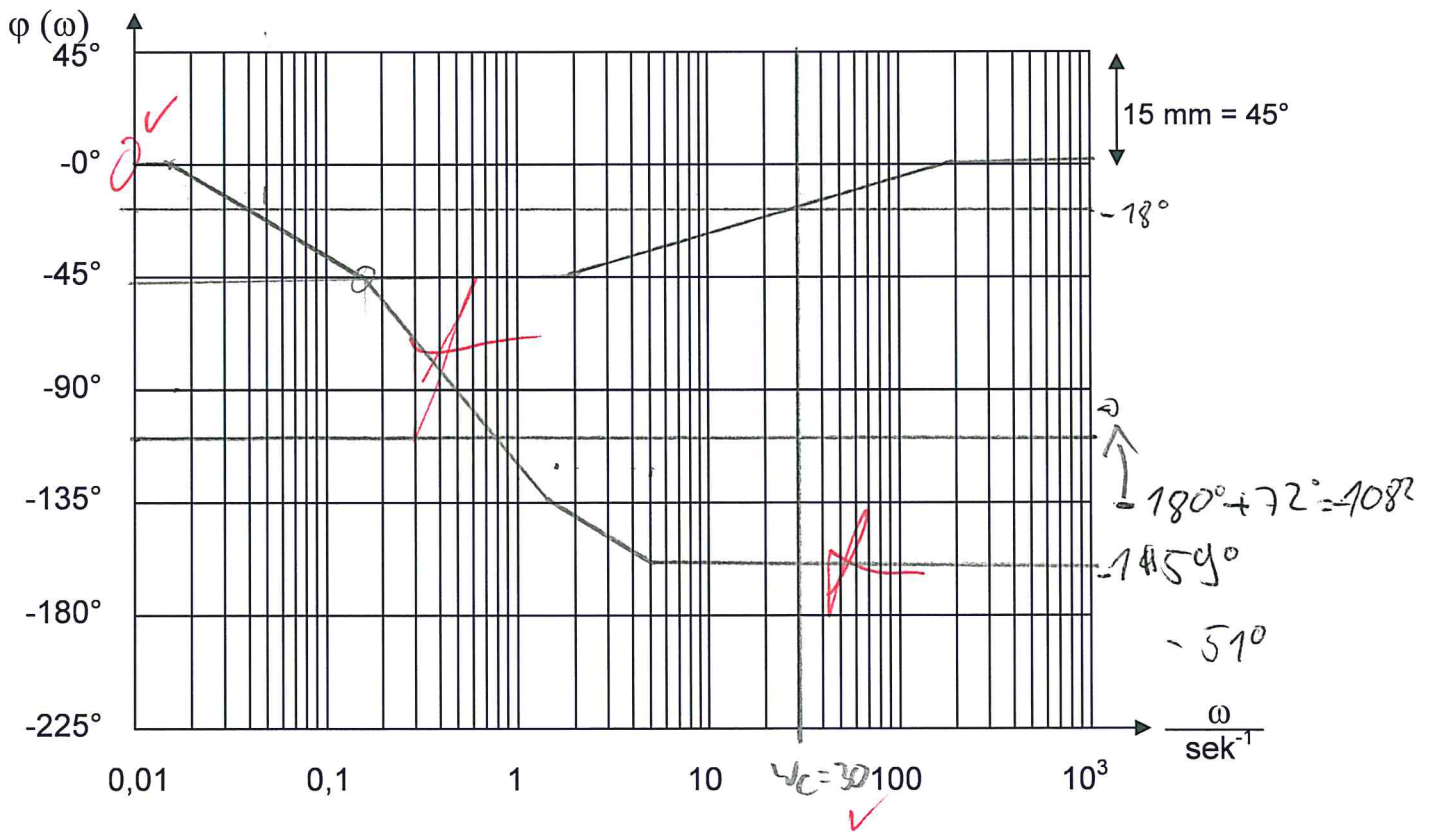
- Begründen Sie, welche Regler in Frage kommen.
- Bestimmen Sie die zur Erreichung des geforderten Verhaltens im Zeitbereich notwendigen Werte im Frequenzbereich für den Phasenrand Φ_R und die Durchtrittsfrequenz ω_c .
- Zeichnen Sie im Bode-Diagramm den asymptotischen Betrags- und Phasengang der Übertragungsfunktion des offenen Kreises ohne Regler $L^*(\omega)$. Ergänzen Sie im Phasendiagramm die geforderte Durchtrittsfrequenz ω_c und den notwendigen Phasenrand Φ_R .
- Treffen und Begründen Sie unter Berücksichtigung der Vorauswahl aus a) nun eine abschließende Reglerauswahl.
- Dimensionieren Sie die Zeitkonstante / die Zeitkonstanten des ausgewählten Reglers. Beachten Sie ggf. notwendige Überhöhungen (5° Regel).
- Ergänzen Sie den Betragsgang des Reglers $|G_R(\omega)|$ für $V = 1$ im Bode-Diagramm. Konstruieren Sie damit den Betragsgang des offenen Regelkreises $|L(\omega)|$ (für $V = 1$) im Bodediagramm.
- Dimensionieren Sie V mit Hilfe des Bode-Diagramms so, dass die gestellten Anforderungen erfüllt werden. Geben Sie die Übertragungsfunktion $G_R(s)$ des Reglers in der faktorisierten V-Normalform an.

Bode-Diagramm zu **Aufgabe 3**:

$$G_S(s) = \frac{0,1}{(1+0,5 \cdot s)(1+0,166 \cdot s)}$$



c) 2/6



RT-Klausur

03.02.2015

① a) Polkompensation ✓ Warum? ✓✓

b) $T_N = 1 \text{ sec}$
 $T_m = T_{max}$ ✓✗ 1/2

c) $G(s) = G(r) \cdot G_m(s) = V_R \frac{1+s}{s} \rightarrow 948,6 \frac{s}{(s+10)(s+3)}$ (✓)

$L(s) = V_R \cdot 948,6 \cdot \frac{s}{(s+10)(s+3)}$ ✗ 0/3

d) $\text{L\u00e4rme}(f) = \frac{1}{1+U}$

gef\u00e4hrdet ist $e^- e(t) = 0,1$ ✓

$\sqrt{(1-0,1)/0,1} = 9$ ✓

$V_R = \frac{9}{948,6} \approx 0,0095$ (✓) Folgerfehler
 3/3

e) ✗ 0/3

f) 0/4 Σ 5/16

g
r

1. $\frac{1}{x^2} = x^{-2}$

$$\frac{d}{dx} x^{-2} = -2x^{-3}$$

$$= -2x^{-3} = -\frac{2}{x^3}$$

$$= -\frac{2}{x^3}$$

$$= -\frac{2}{x^3}$$

$$= -\frac{2}{x^3}$$

$$= -\frac{2}{x^3}$$

$$= -\frac{2}{x^3}$$

$$= -\frac{2}{x^3}$$

$$= -\frac{2}{x^3}$$

$$= -\frac{2}{x^3}$$

$$= -\frac{2}{x^3}$$

RT-Klausur

3.

a) PI oder PID, ✓

die Regelstrecke hat ein Integral-Anteil und benötigt
daher keinen ~~Integrator~~ mehr. ✓

1/2

b)

$$t_r = 0,048$$

$$\omega_c \approx \frac{1,44}{0,048} = 30 \text{ sec}^{-1} \checkmark$$

$$M_p = 0,225$$

$$\varphi_R = 69^\circ = 106^\circ \cdot 0,225 = 72,15^\circ$$

✓

d) PID, da Phase anforderung nötig (✓) 2/2

e) $T_d = \frac{1}{\omega_c} = \frac{1}{30} = \underline{\underline{0,033 \text{ sec}}}$ ↑

g) $V = \dot{u}$ nicht ablesbarh) ~~g)~~Rest: ~~g)~~

Σ 6/25

2a) PID oder PI \checkmark Herleitung fehlt $0/2$

b) $M_p = 0,3$

$\varphi = 69 - 106 \cdot 0,3 = \checkmark 37,2^\circ$

$t_r = 0,29 \text{ s}$

$\omega_c \approx \frac{1,44}{t_r = 0,29}$

$4,96 \text{ sec}^{-1} \checkmark$

$\checkmark/2$

c) ~~no~~ ~~es~~ würde eine Phase anhebung / D-Anteil genügt \checkmark

wieso?

$2/2$

d) PD-Regler \checkmark

$\omega_R = \frac{\omega_c}{1,9} = \frac{4,96 \text{ sec}^{-1}}{1,9} = 2,61 \text{ sec}^{-1} \checkmark$

$\Delta \varphi = ?$

$m = ?$

$T = \frac{1}{\omega_R} = \frac{1}{2,61} = 0,383 \checkmark$

$T_R = \frac{T}{m} = \frac{0,383}{3,8} = 0,1 \checkmark \approx 0,10 \text{ sec}^{-1} \checkmark$

~~z~~

$T_I = 10 \cdot 0, \overset{383}{\cancel{0,383}} = 3,83 \checkmark \approx 0,0261 \text{ sec}^{-1} \checkmark$

$3/5$

e) $G_{RS}(s) = \frac{1+sT_I}{s} \cdot \frac{1+sT}{1+sR} = \checkmark \frac{(1+s \cdot 3,83)}{s} \cdot \frac{1+s \cdot 0,383}{1+s \cdot 0,1} \checkmark$

f) Bode-Diagramm

g) $V = \cancel{340} V = 10 \cdot \frac{30}{20} = 31,62 \checkmark$

$0/2$

$\Sigma 7/19$