

Regelungstechnik SS 2026
 Prof. Dr. Wolfgang Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der
 gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - selbstständige Lösung
 - keine internetfähigen Geräte
 - keine weiteren Einschränkungen

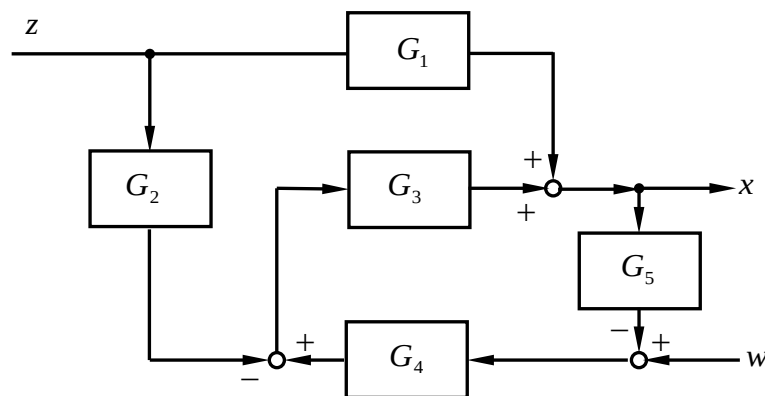
Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
Summe	

Aufgabe 1 (11P)

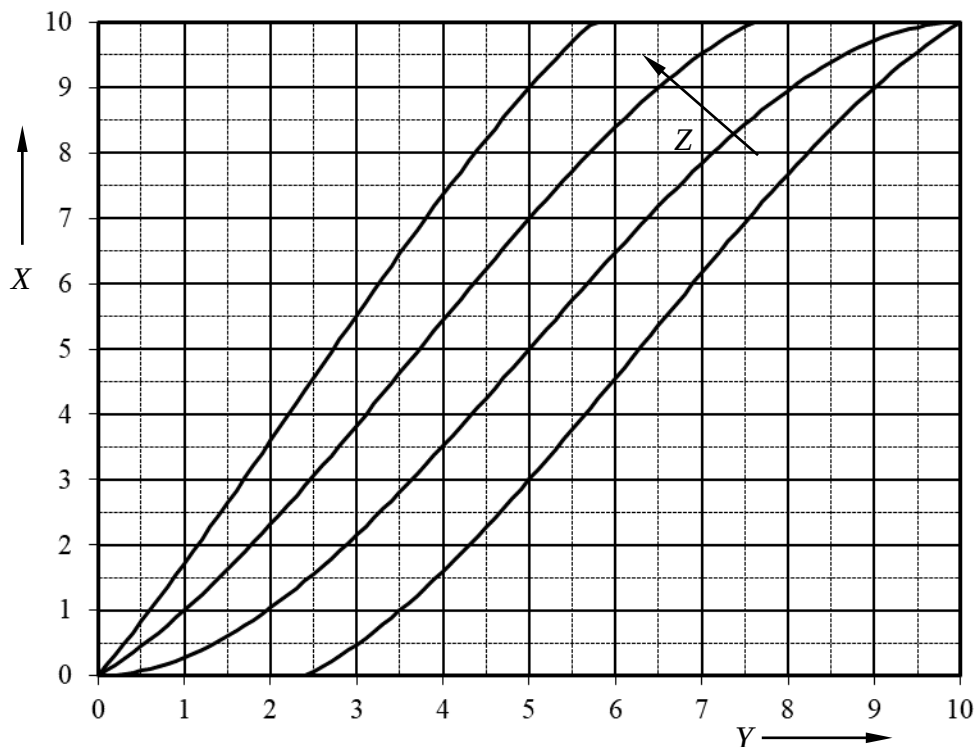
Bestimmen Sie durch Einführen von Hilfsgrößen (oder einer Hilfsgröße) für die abgebildete
 Regelkreisstruktur den Frequenzgang!

Ziel: $x = \frac{\dots}{\dots} \cdot w + \frac{\dots}{\dots} \cdot z$ beziehungsweise $\underline{x} = \frac{\dots}{\dots} \cdot \underline{w} + \frac{\dots}{\dots} \cdot \underline{z}$



Aufgabe 2 (13P)

Die Graphik zeigt das statische Verhalten einer Regelstrecke. Dabei ist die Regelgröße X über der Stellgröße Y aufgetragen. Die Störgröße ist der Parameter Z .



Als Arbeitspunkt soll $Y = Y_A = 5$ und $X = X_A = 5$ untersucht werden.

- a. Bestimmen Sie aus der Graphik die Steigung K_y im Arbeitspunkt!

Hilfestellung: $K_y = \frac{\partial X}{\partial Y} \big|_A$ oder auch $K_y = \frac{\Delta X}{\Delta Y} \big|_A$

- b. Die Gleichung der betreffenden Kurve lautet: $X = 5 + \frac{3}{2} \cdot (Y - 5) - \frac{1}{50} \cdot (Y - 5)^3$

Bestimmen Sie die erste Ableitung und dann den Wert für K_y an der betreffenden Stelle!

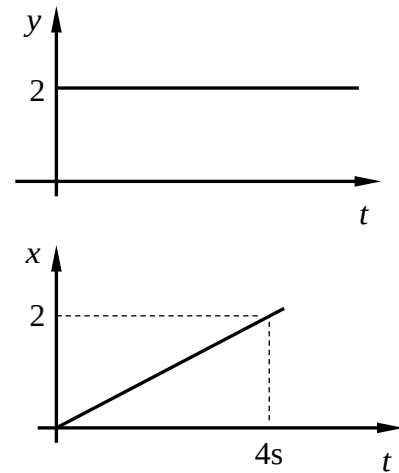
Hilfestellung aus der Mathematik: $\frac{d}{dx}(x^n) = n \cdot x^{n-1}$

- c. Tragen Sie in die Skizze den Arbeitspunkt ein, der sich einstellt, wenn die Störgröße so groß wird, dass die obere Kurve gilt! Dabei sei $K_p = 1$.

Mögliche Hilfestellungen: $Y = Y_A + K_p \cdot (W - X)$ oder $X = W - \frac{1}{K_p} \cdot (Y - Y_A)$

Aufgabe 3 (13P)

Von einer Regelstrecke (I-Glied) wird eine Sprungantwort aufgezeichnet. Diese Regelstrecke wird im Folgenden mit einem PD-Regler geregelt.



a. Bestimmen Sie zunächst den Parameter K_I (numerisch)!

b. Bestimmen Sie den Führungsfrequenzgang!

$$\text{Ziel: } G_w = \frac{\underline{x}}{\underline{w}} = \frac{K_p \cdot K_I + j\omega \cdot \dots}{K_p \cdot K_I + j\omega \cdot \dots}$$

$$\text{Hilfestellung, auch zu Aufgabe 4: } G_w = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S}$$

Aufgabe 4 (13P)

Eine PT_2 -Regelstrecke wird mit einem PI-Regler geregelt. Bestimmen Sie mit dem Hurwitzverfahren eine Reglereinstellung an der Stabilitätsgrenze. Die Empfehlung zur Reglereinstellung soll nach T_n aufgelöst werden.

$$\text{Regelstrecke: } G_S = \frac{K_S}{(1 + j\omega \cdot T_1) \cdot (1 + j\omega \cdot T_2)} \quad \text{Regler: } G_R = K_P \cdot \left(1 + \frac{1}{T_n \cdot j\omega}\right)$$

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

Aufgabe 5 (11P)

Der Beschleunigungsvorgang eines Fahrzeuges (konstante Beschleunigung) soll numerisch mit dem Differenzenverfahren berechnet werden. Zu Beginn des Beobachtungszeitraumes steht das Fahrzeug still (Anfangsbedingung(en): $x_0 = 0$; $\dot{x}_0 = 0$). Der Zeitschritt sei $\Delta t = 0,5s$. Die Beschleunigung beträgt $a_0 = 2m/s^2$

Hilfestellungen:

$$a = a_0 = konst = \frac{x_{i+1} + x_{i-1} - 2 \cdot x_i}{\Delta t^2} \quad \text{oder auch } x_{i+1} = 2 \cdot x_i - x_{i-1} + a_0 \cdot \Delta t^2$$

a. Berechnen Sie die vier in der Tabelle fehlenden Werte!

i [1]	0	1	2	3	4	5
t [s]	0	0,5	1	1,5	2	2,5
x_i [m]	0	0				

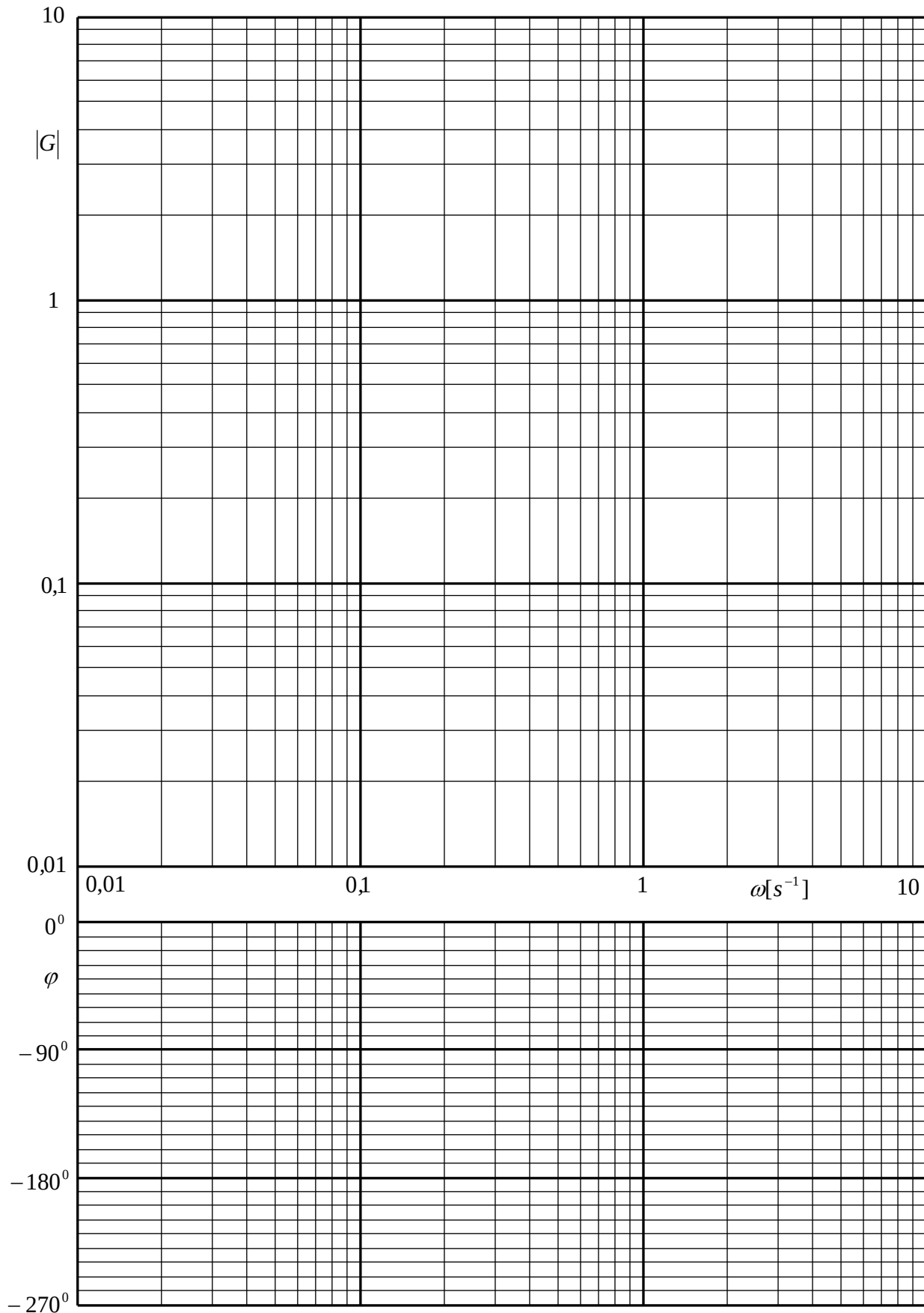
b. Erstellen Sie eine "punktuelle" Probe, in dem Sie aus den Werten x_3 , x_4 und x_5 exemplarisch die Beschleunigung berechnen!

$$\text{Hilfestellung: } a = \frac{x_5 + x_3 - 2 \cdot x_4}{\Delta t^2} = ???$$

Aufgabe 6 (14P)

Ein Regelkreis besteht aus einer PT_2 – Regelstrecke (Formel wie Aufgabe 4, hier: $K_S = 0,8$; $T_1 = 20$ s; $T_2 = 4$ s), einer Totzeit $T_t = 1$ s ($K_{\text{Totzeit}} = 1$) und einem PI-Regler mit $K_p = 3$; $T_n = 10$ s.

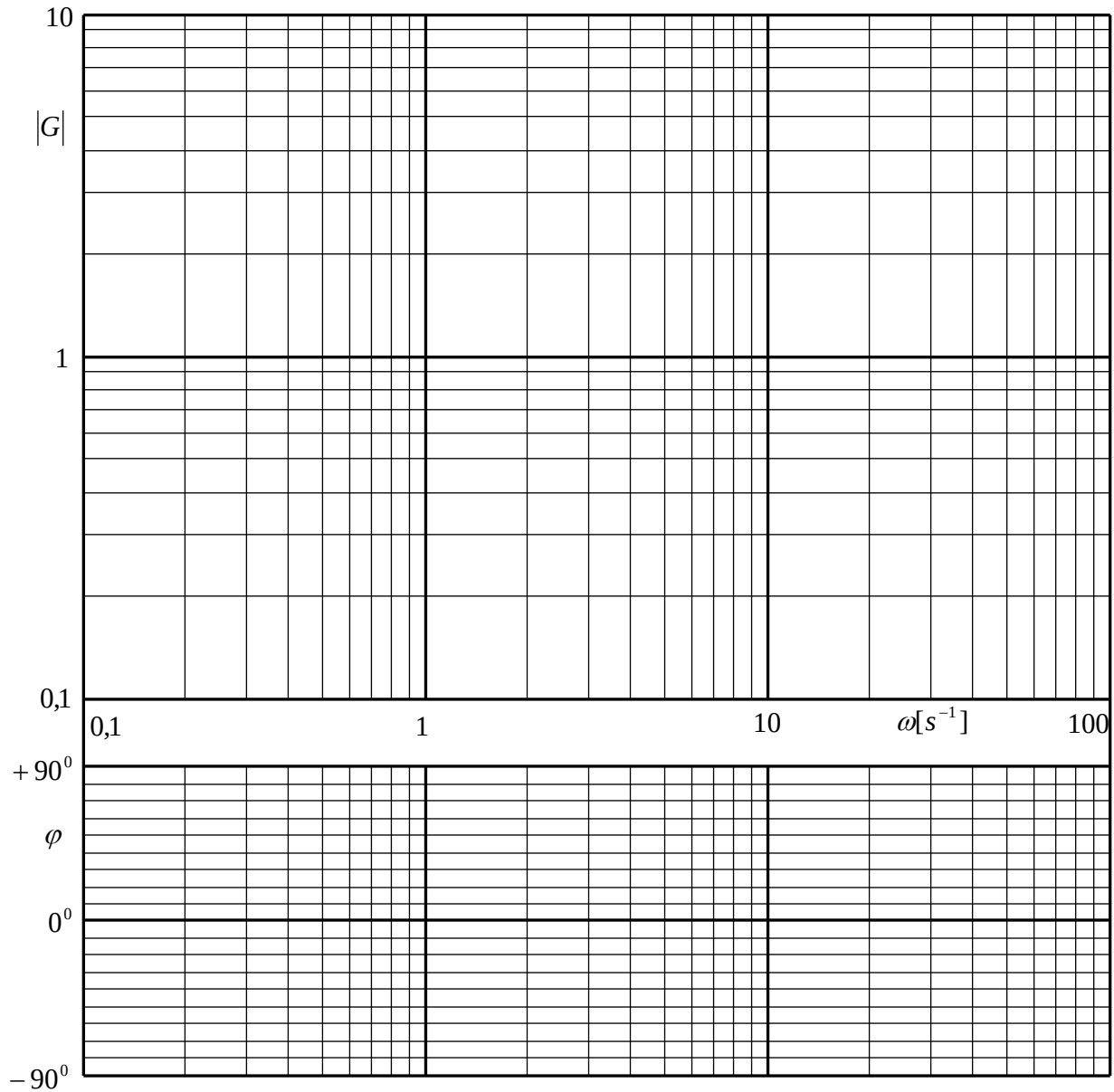
Tragen Sie die Kennlinien ins Bode-Diagramm ein und bestimmen Sie aus dem Diagramm die Amplitudenreserve A_R !



Aufgabe 7 (12P)

Der angegebene Frequenzgang besteht aus 2 elementaren Übertragungselementen. Tragen Sie die beiden Übertragungselemente und den Gesamtfrequenzgang ins Bode-Diagramm ein (Betrag und Phasengang)!

Zahlenwerte: $K_1 = 2,5 \text{ s}$; $T_1 = 1,25 \text{ s}$; $K_2 = 0,5$; $T_2 = 0,125 \text{ s}$ $G = \frac{K_1 j\omega}{1 + j\omega \cdot T_1} \cdot K_2 (1 + j\omega \cdot T_2)$



Aufgabe 8 (13P)

Der angegebene Frequenzgang besteht aus 2 elementaren Übertragungselementen.

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

Zahlenwerte: $K_1 = 2,5 \text{ s}$; $T_1 = 1,25 \text{ s}$; $K_2 = 0,5$; $T_2 = 0,125 \text{ s}$

Bestimmen Sie rechnerisch den Betrag ($|G_{\text{ges}}|$) und den Phasenwinkel (φ_{ges})

für $\omega = \sqrt{6,4} \text{ s}^{-1} \approx 2,530 \text{ s}^{-1}$!

Hilfestellungen: Betrag eines Bruches = Betrag des Zählers dividiert durch Betrag des Nenners

$$\text{Betrag} = \sqrt{(\text{Re})^2 + (\text{Im})^2}$$

$$\text{DT}_1: \quad \tan(\varphi) = \frac{1}{\omega \cdot T_1}$$

$$\text{PD:} \quad \tan(\varphi) = \omega \cdot T = \omega \cdot T_2$$

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - selbstständige Lösung
 - keine internetfähigen Geräte
 - keine weiteren Einschränkungen

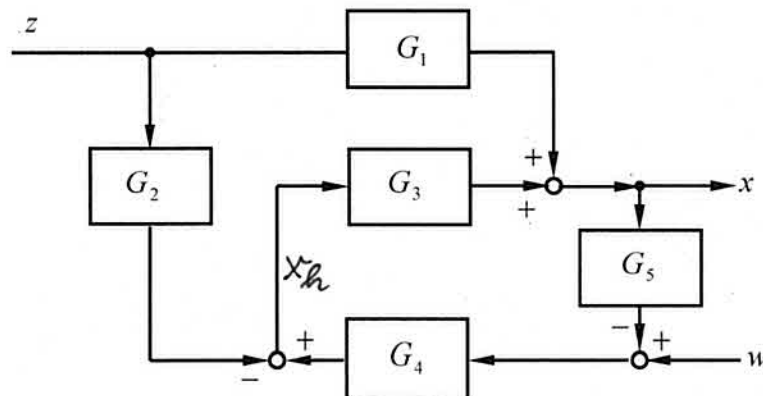
Note : _____

Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
Summe	

Aufgabe 1 (11P)

Bestimmen Sie durch Einführen von Hilfsgrößen (oder einer Hilfsgröße) für die abgebildete Regelkreisstruktur den Frequenzgang!

Ziel: $x = \frac{\dots}{\dots} \cdot w + \frac{\dots}{\dots} \cdot z$ beziehungsweise $\underline{x} = \frac{\dots}{\dots} \cdot \underline{w} + \frac{\dots}{\dots} \cdot \underline{z}$



$$x_h = G_4(w - G_5 \cdot x) - G_2 \cdot z \quad (1) \quad x = G_3 \cdot x_h + G_1 \cdot z \quad (2)$$

$$\begin{aligned} (1) \text{ in } (2): \\ x &= G_3 [G_4(w - G_5 \cdot x) - G_2 \cdot z] + G_1 \cdot z \\ &= G_3 G_4 w - G_3 G_4 G_5 \cdot x - G_2 G_3 \cdot z + G_1 \cdot z \end{aligned}$$

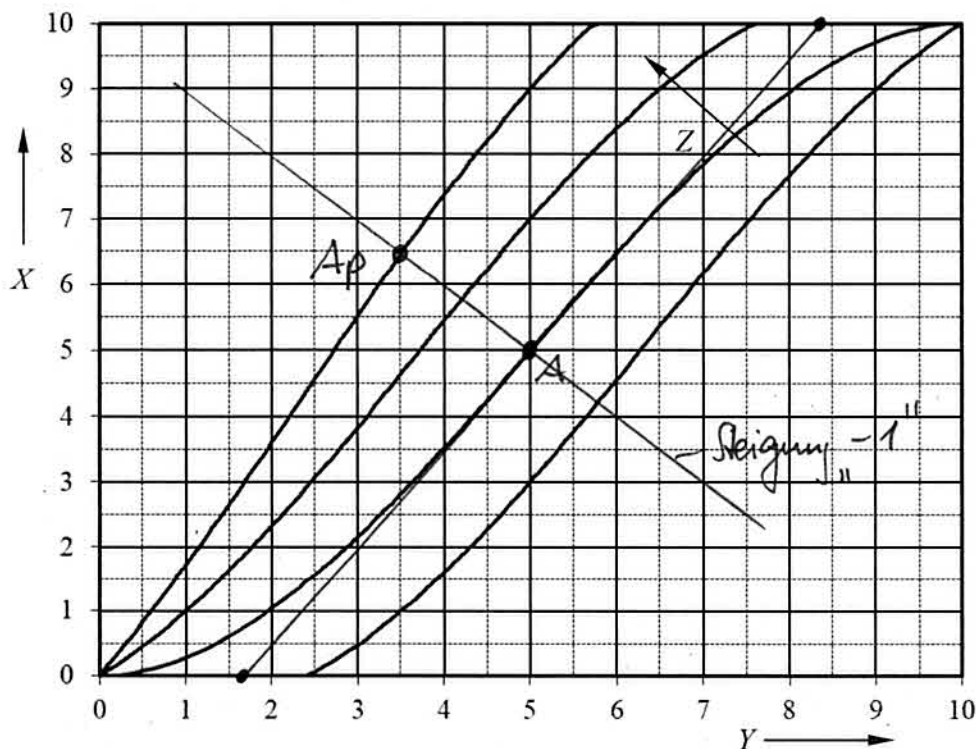
$$x(1 + G_3 G_4 G_5) = G_3 G_4 w + (G_1 - G_2 G_3) z$$

mit Zeigern schreiben:

$$\underline{x} = \frac{G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 G_5} \cdot \underline{w} + \frac{G_1 - G_2 G_3}{1 + G_3 G_4 G_5} \cdot \underline{z}$$

Aufgabe 2 (13P)

Die Graphik zeigt das statische Verhalten einer Regelstrecke. Dabei ist die Regelgröße X über der Stellgröße Y aufgetragen. Die Störgröße ist der Parameter Z .



Als Arbeitspunkt soll $Y = Y_A = 5$ und $X = X_A = 5$ untersucht werden.

- a. Bestimmen Sie aus der Graphik die Steigung K_y im Arbeitspunkt!

Hilfestellung: $K_y = \frac{\partial X}{\partial Y} \Big|_A$ oder auch $K_y = \frac{\Delta X}{\Delta Y} \Big|_A = \frac{10-0}{8,33-1,67} \approx 1,50$

- b. Die Gleichung der betreffenden Kurve lautet: $X = 5 + \frac{3}{2} \cdot (Y-5) - \frac{1}{50} \cdot (Y-5)^3$

Bestimmen Sie die erste Ableitung und dann den Wert für K_y an der betreffenden Stelle!

Hilfestellung aus der Mathematik: $\frac{d}{dx}(x^n) = n \cdot x^{n-1}$

- c. Tragen Sie in die Skizze den Arbeitspunkt ein, der sich einstellt, wenn die Störgröße so groß wird, dass die obere Kurve gilt! Dabei sei $K_P = 1$.

Mögliche Hilfestellungen: $Y = Y_A + K_P \cdot (W - X)$ oder $X = W - \frac{1}{K_P} \cdot (Y - Y_A)$ P-Regler wie oben

zu b) $\frac{\partial X}{\partial Y} = 0 + \frac{3}{2} - \frac{1}{50} \cdot 3(Y-5)^2$ also: $\frac{\partial X}{\partial Y} = \frac{3}{2} = 1,5$
 $= 0$ für $Y=5$

zu c) Steigung P-Regler $-\frac{1}{K_P} = -\frac{1}{1} = -1$

Lösung Prüfung Regelungstechnik 13.07.2026

zu 3, a) $T_I = 4s \Rightarrow K_I = \frac{1}{T_I} = 0,25s^{-1}$

b) $G_w = \frac{G_R \cdot G_S}{1 + G_R \cdot G_S} = \frac{k_p(1+j\omega T_v) \frac{K_I}{j\omega}}{1 + k_p(1+j\omega T_v) \frac{K_I}{j\omega}} \cdot \frac{j\omega}{j\omega}$

$$= \frac{k_p K_I (1+j\omega T_v)}{j\omega + k_p K_I (1+j\omega T_v)} = \frac{k_p K_I + j\omega \cdot k_p K_I T_v}{k_p K_I + j\omega (1 + k_p K_I T_v)}$$

zu 4) $G_w = \frac{\frac{K_S}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)} k_p(1 + \frac{1}{T_u j\omega})}{1 + \frac{K_S}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)} k_p(1 + \frac{1}{T_u j\omega})} \cdot \frac{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2) \cdot T_u j\omega}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2) T_u j\omega}$

$$= \frac{K_S k_p (1 + T_u j\omega)}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2) T_u j\omega + K_S k_p (1 + T_u j\omega)}$$

$$= \frac{\overset{000}{(1+j\omega T_1 + j\omega T_2 + j\omega)^2 T_1 T_2} T_u j\omega + K_S k_p (1 + T_u j\omega)}{\overset{000}{K_S k_p + j\omega (T_u + T_u K_S k_p) + (j\omega)^2 (T_1 + T_2) T_u + (j\omega)^3 T_1 T_2 T_u}}$$

$a_0 = K_S k_p$; $a_1 = T_u (1 + K_S k_p)$; $a_2 = (T_1 + T_2) T_u$; $a_3 = T_1 T_2 T_u$

Bed. $a_i > 0 \Rightarrow \checkmark$

$a_1 a_2 > a_0 a_3$

$T_u (1 + K_S k_p) (T_1 + T_2) T_u > K_S k_p T_1 T_2 T_u$

$T_u > \frac{K_S k_p}{1 + K_S k_p} \cdot \frac{T_1 T_2}{T_1 + T_2}$

zu 5) $x_2 = 2 \cdot x_1 - x_0 + a_0 \Delta t^2 = 2 \cdot 0 - 0 + 2 \frac{m}{s^2} \cdot (0,5s)^2 = 0,5m$

$x_3 = 2 \cdot x_2 - x_1 + a_0 \cdot \Delta t^2 = (2 \cdot 0,5 - 0 + 2 \cdot 0,5^2) / m = 1,5m$

$x_4 = 2 \cdot x_3 - x_2 + a_0 \cdot \Delta t^2 = (2 \cdot 1,5 - 0,5 + 2 \cdot 0,5^2) m = 3m$

$x_5 = 2 \cdot x_4 - x_3 + a_0 \cdot \Delta t^2 = (2 \cdot 3 - 1,5 + 2 \cdot 0,5^2) m = 5m$

Tabelle:

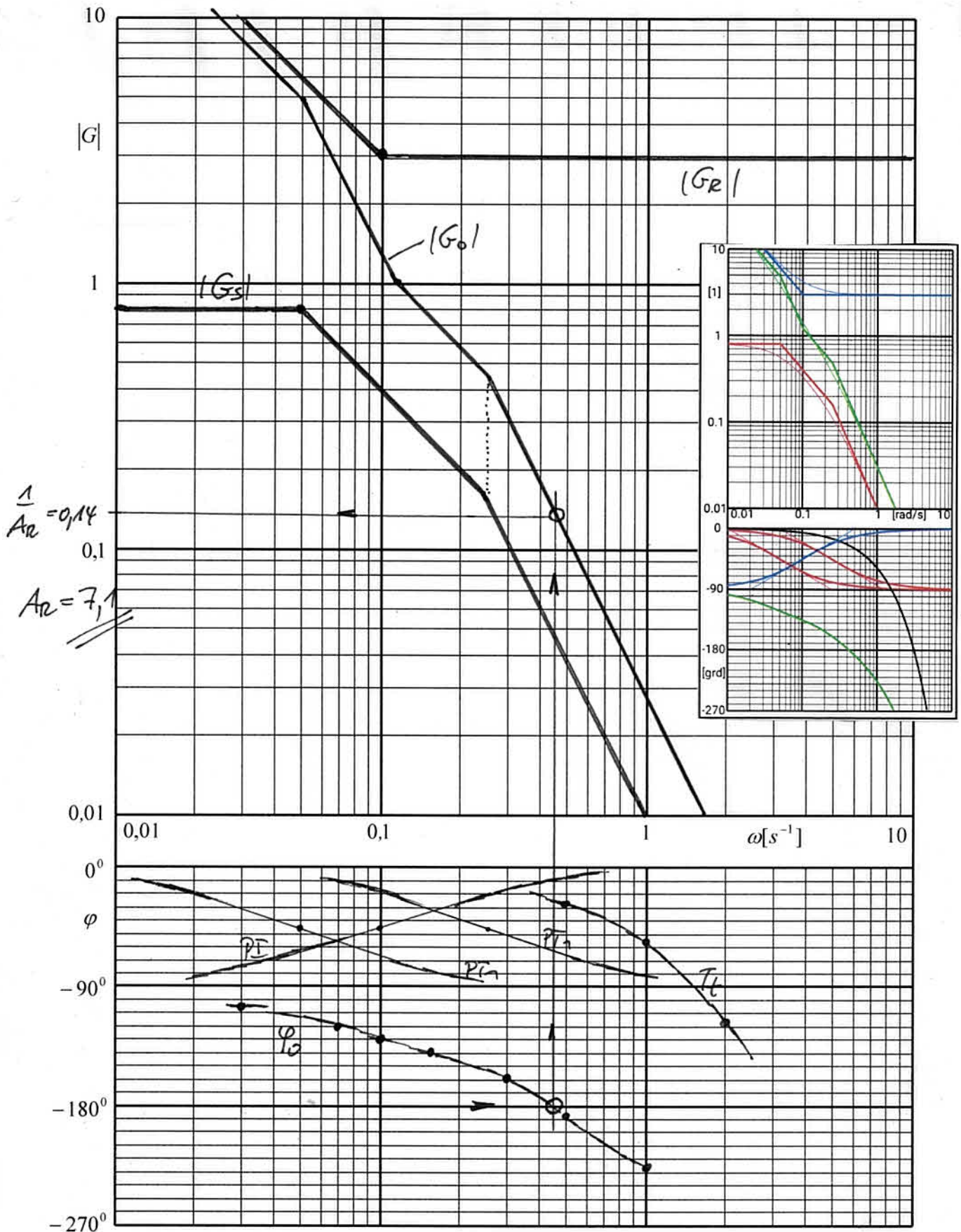
$i \setminus j$	2	3	4	5
$x_i \setminus m$	0,5	1,5	3	5

b) $a = \frac{x_5 + x_3 - 2 \cdot x_4}{\Delta t^2} = \frac{5 + 1,5 - 2 \cdot 3}{0,5^2} \frac{m}{s^2} = 2 \frac{m}{s^2}$

Aufgabe 6 (14P)

Ein Regelkreis besteht aus einer PT_2 – Regelstrecke (Formel wie Aufgabe 4, hier: $K_S = 0,8$; $T_1 = 20$ s; $T_2 = 4$ s), einer Totzeit $T_t = 1$ s ($K_{\text{Totzeit}} = 1$) und einem PI-Regler mit $K_p = 3$; $T_n = 10$ s.

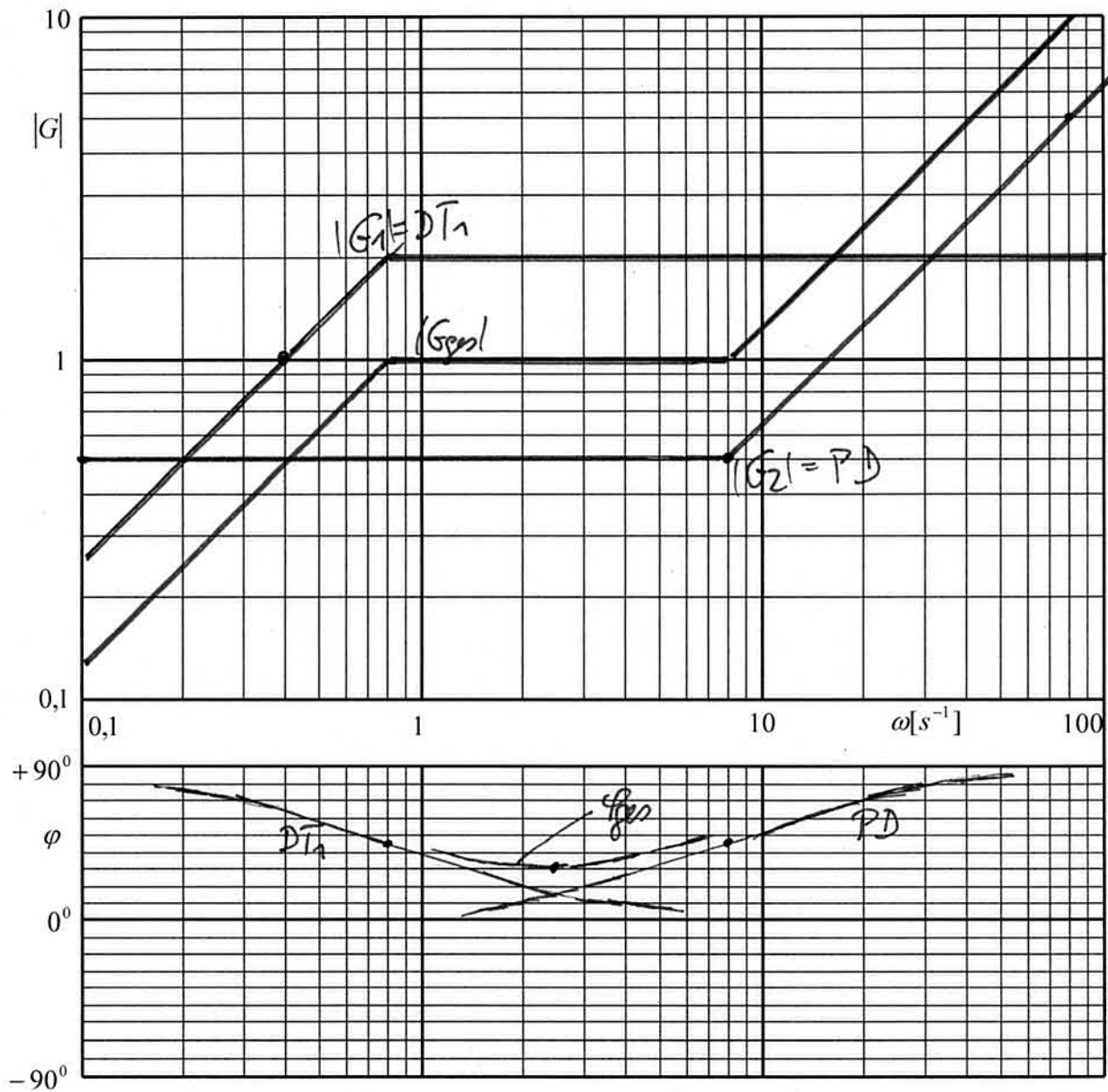
Tragen Sie ^{die} Kennlinien ins Bode-Diagramm ein und bestimmen Sie aus dem Diagramm die Amplitudenreserve A_R !



Aufgabe 7 (12P)

Der angegebene Frequenzgang besteht aus 2 elementaren Übertragungselementen. Tragen Sie die beiden Übertragungselemente und den Gesamtfrequenzgang ins Bode-Diagramm ein (Betrag und Phasengang)!

Zahlenwerte: $K_1 = 2,5 \text{ s}$; $T_1 = 1,25 \text{ s}$; $K_2 = 0,5$; $T_2 = 0,125 \text{ s}$ $G = \frac{K_1 j\omega}{1 + j\omega \cdot T_1} \cdot K_2 (1 + j\omega \cdot T_2)$



Aufgabe 8 (13P)

Der angegebene Frequenzgang besteht aus 2 elementaren Übertragungselementen.

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

Zahlenwerte: $K_1 = 2,5 \text{ s}$; $T_1 = 1,25 \text{ s}$; $K_2 = 0,5$; $T_2 = 0,125 \text{ s}$

Bestimmen Sie rechnerisch den Betrag ($|G_{\text{ges}}|$) und den Phasenwinkel (φ_{ges})

für $\omega = \sqrt{6,4} \text{ s}^{-1} \approx 2,530 \text{ s}^{-1}$!

Hilfestellungen: Betrag eines Bruches = Betrag des Zählers dividiert durch Betrag des Nenners

$$\text{Betrag} = \sqrt{(\text{Re})^2 + (\text{Im})^2}$$

$$\text{DT}_1: \quad \tan(\varphi) = \frac{1}{\omega \cdot T_1}$$

$$\text{PD:} \quad \tan(\varphi) = \omega \cdot T = \omega \cdot T_2$$

$$|G_{\text{ges}}| = \underbrace{\frac{2,5 \cdot \sqrt{6,4}}{\sqrt{1 + (\sqrt{6,4} \cdot 1,25)^2}}}_{1,907} \cdot \underbrace{0,5 \sqrt{1 + (\sqrt{6,4} \cdot 0,125)^2}}_{0,5244} = 1,0$$

$$\tan \varphi_{\text{DT}_1} = \frac{1}{\sqrt{6,4} \cdot 1,25} \Rightarrow \varphi_1 = +17,548^\circ \quad \begin{array}{l} \updownarrow \\ \text{sind gleich} \end{array}$$

$$\tan \varphi_{\text{PD}} = \sqrt{6,4} \cdot 0,125 \Rightarrow \varphi_2 = +17,548^\circ$$

$$\varphi_{\text{ges}} = \varphi_1 + \varphi_2 = 2 \cdot 17,548^\circ = 35,097^\circ$$