


<b>Regelungstechnik</b>	<b>Wintersemester 2022</b>	<b>Seite 1 / 13</b>
<b>Schriftliche Klausur</b> Raum: B 554	<b>1. Termin</b>	<b>Prof. Dr.-Ing.</b> <b>FJ Morales Serrano</b>

Name	Matrikelnummer	Datum	Unterschrift
		2023-01-26	
Erreichte Punktzahl:		52	/ 60
Note:		1,7	

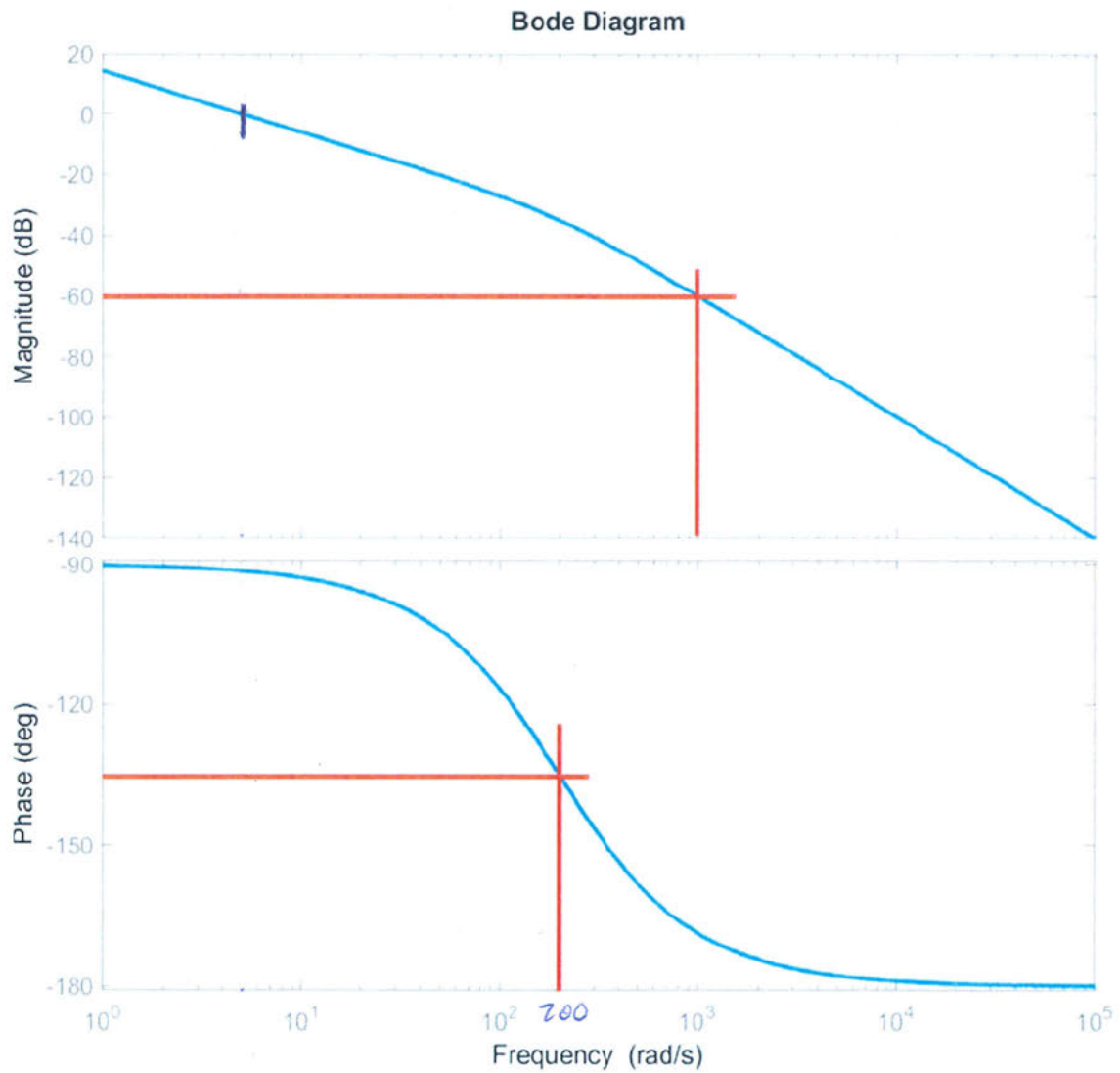
### Lesen Sie zuerst diese Hinweise:

- Erlaubte Hilfsmittel: Nichtprogrammierbarer Taschenrechner, ein selbstgeschriebenes A4-Blatt, Foliensatz, keine alten Klausuren.
- Die Bearbeitungszeit beträgt 120 Minuten.
- Bitte benutzen Sie den für die Lösung der Aufgabe vorgesehenen Kasten: Nur die Ergebnisse in den Kästen wird für die Note verwendet.
- Beschriften Sie alle extra abgegebenen Blätter mit Ihrem Namen und Matrikelnummer: Sie werden alle Blätter zusammen mit dieser Klausur zusammenheften.
- Sie müssen bei jeder Aufgabe ebenfalls den mathematischen Weg Schritt für Schritt zur Lösung, d.h. Formeln, Gleichungen, usw. aufschreiben: Die Richtigkeit der numerischen Lösung zählt genauso viel wie die Herleitung!

 <b>BHT</b> Berliner Hochschule für Technik	Fachbereich VI	Labor für Automatisierungstechnik
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------	--------------------------------------




## 1. Aufgabe


Von einem alten - noch - funktionierenden System existieren nur noch ein Bode-Diagramm:



Regelungstechnik	Wintersemester 2022	Seite 3 / 13
Schriftliche Klausur Raum: B 554	1. Termin	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

Bei allen Teilaufgaben gehen Sie davon aus, dass  $G_m(s) = 1$ .

Aufgabe	Ihre Antwort
 <p>a. Beschreiben <b>ausführlich</b> Sie das System mit Wörtern.</p>	<p>Das System in der Phase verläuft von <math>-90</math> bis <math>-180</math>, somit ein Integrator. und Es hat eine Polstelle bei ca. <math>200 \frac{rad}{s}</math> ist die Kreisfrequenz</p>
 <p>b. Leiten Sie die Übertragungsfunktion des Systems her.</p>	$w_k = \frac{200}{\tan(-135-90)} = 200 \frac{rad}{s}$ $V = 10 \frac{17}{20} = 7,079$ $G_S(s) = \frac{1}{s} \frac{7,079}{(1 + \frac{s}{200})}$ <p>V ablesen bei <math>\omega = 1 \Rightarrow V = 10 \frac{17}{20}</math></p>
 <p>c. Ist das System stabil im offenen Regelkreis? Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich und numerisch!</p>	<p>Ja, weil alle Polstellen auf der negativen Halbebene liegen.</p> <p><math>V &gt; 0</math> Ja 1 Integrator Ja Kausaal Ja einmal die oBB über treffen Ja</p>

	Fachbereich VI	Labor für Automatisierungstechnik
-------------------------------------------------------------------------------------	-------------------	--------------------------------------

Regelungstechnik	Wintersemester 2022	Seite 4 / 13
Schriftliche Klausur Raum: B 554	1. Termin	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

d. Ist das System stabil im geschlossenen Regelkreis? Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich und numerisch!

Ja, weil der Phasenrand größer null ist graphisch:

$$-180 - 90 = 90$$

bei  $\omega_{crit}$   $\omega_{crit} \approx 5 \frac{rad}{s}$   
und analytisch:  $\omega_k \approx 200$

$$\varphi_R = -\arctan\left(\frac{\omega_{crit}}{\omega_k}\right) - 90 + 180 = 88,56^\circ$$

e. Als geschlossener Regelkreis soll keine Regelabweichung verbleiben, wenn das System ein Sprungsignal als Führungsgröße bekommt: Welcher Reglertyp kommen in Frage? Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich und numerisch!

Ein ~~PI~~ PD,

da ein Integrator ~~schon~~ schon in der

Strecke vorhanden ist und die Führungsgröße auch ein Integrator ist

Außerdem wollen wir den Phasenengang erhöhen, dafür D-Anteil da ist

f. Dimensionieren Sie alle Parameter des von Ihnen ausgewählten Reglers, damit eine maximale Überschwingung von 10% entsteht und der Regelvorgang im Wesentlichen in 2,4 ms abgeschlossen ist.

$$\varphi_{PD} = \varphi_{soll} - \varphi_{strecke} - \pi$$

$$\varphi_{soll} = 69 - 100 \cdot 0,7 = 58,4^\circ$$

$$\omega_{soll} = \frac{1,441}{0,00245} = 600 \frac{rad}{s}$$

$$\varphi_{strecke} = -\arctan\left(\frac{600}{200}\right) - 90^\circ = -167,56^\circ$$

$$\varphi_{PD} = 58,4^\circ - (-167,56^\circ) - 180 = 39,96^\circ$$

$$\omega = \left(\tan\left(\frac{\varphi_{PD} + \frac{\pi}{2}}{2}\right)\right)^2 = 4,59$$

$$\omega_1 = \frac{\omega_{soll}}{\sqrt{\omega}} = 280 \Rightarrow T_1 = 0,0036 \text{ s}$$

$$\omega_2 = \omega_{soll} \cdot \sqrt{\omega} = 1285 \Rightarrow T_2 = 0,00078 \text{ s}$$

## 2. Aufgabe

Ein System hat die folgende Übertragungsfunktion:

$$G_s(s) = \frac{10^6}{(s+1) \cdot (s+10) \cdot (s+20)}$$

Bei allen Teilaufgaben gilt  $G_m(s) = 1$ .

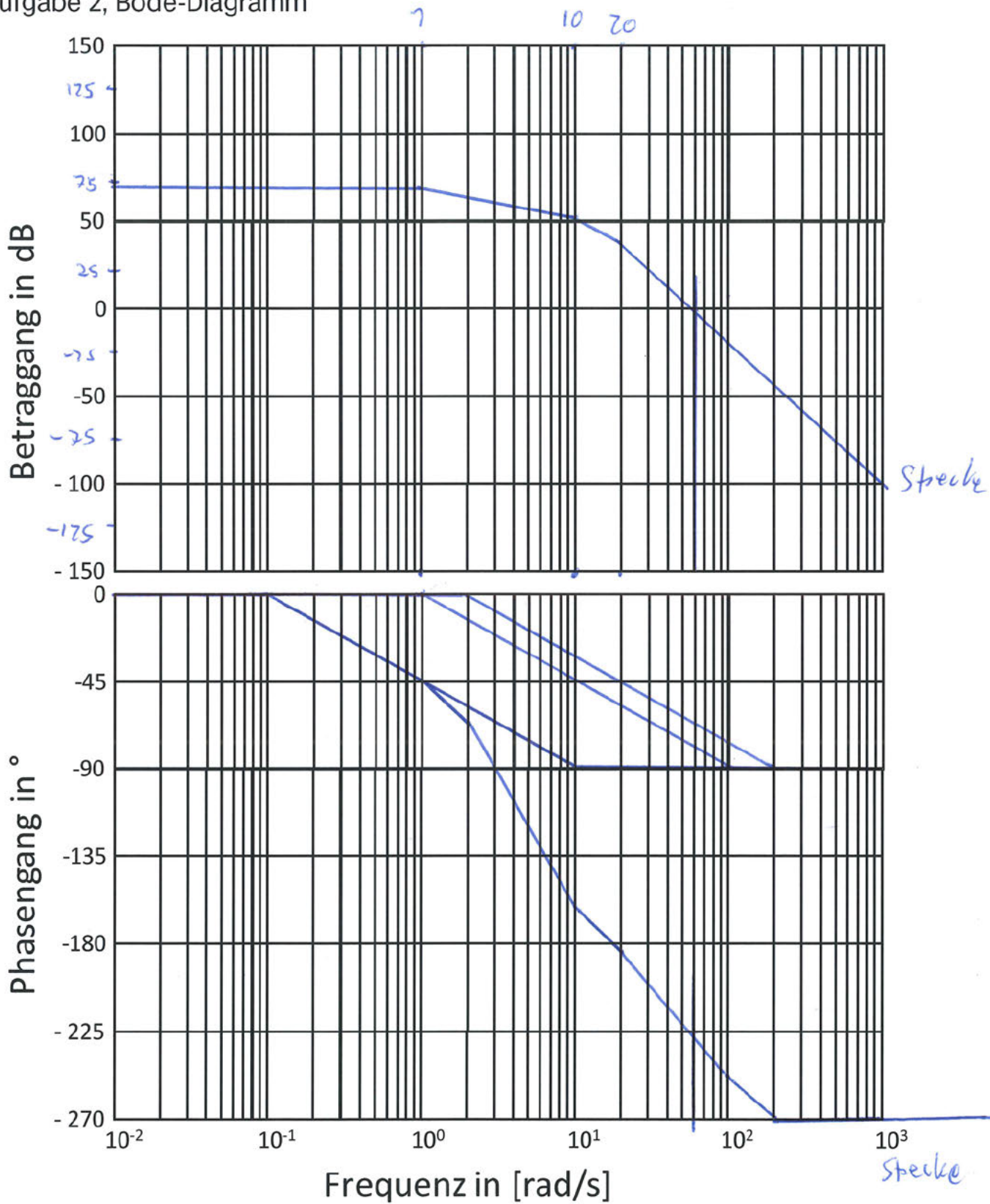
Aufgabe	Ihre Antwort
a. Zeichnen Sie das Bode-Diagramm auf dem beigefügten Blatt.	Auf dem Blatt!
b. Ist das System stabil im offenen Regelkreis? Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich und numerisch!	<p>Ja, weil alle polstellen auf der negativen halbebene liegen.</p> <p><math>V &gt; 0</math> <u>Ja</u>            Integrieren <math>0</math> <u>Ja</u>            kausal <u>Ja</u>            einmal die 0dB Linie treffen <u>Ja</u></p>
c. Ist das System stabil im geschlossenen Regelkreis? Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich und numerisch!	<p>Nein, weil der Phasenrand kleiner <math>0</math> ist: <u>graphisch:</u></p> <p><math>180 - 275 = -45</math>  <math>\omega_{crist} \approx 60 \frac{\text{rad}}{\text{s}}</math></p> <p>Sei <math>\omega_{crist}</math>            und <u>analytisch:</u></p> <p><math>\varphi_R = \arctan\left(\frac{\omega_{crist}}{\omega_{k1}}\right) - \arctan\left(\frac{\omega_{crist}}{\omega_{k2}}\right) - \arctan\left(\frac{\omega_{crist}}{\omega_{k3}}\right) + 180^\circ</math></p>

$$\varphi_R = -67,148$$

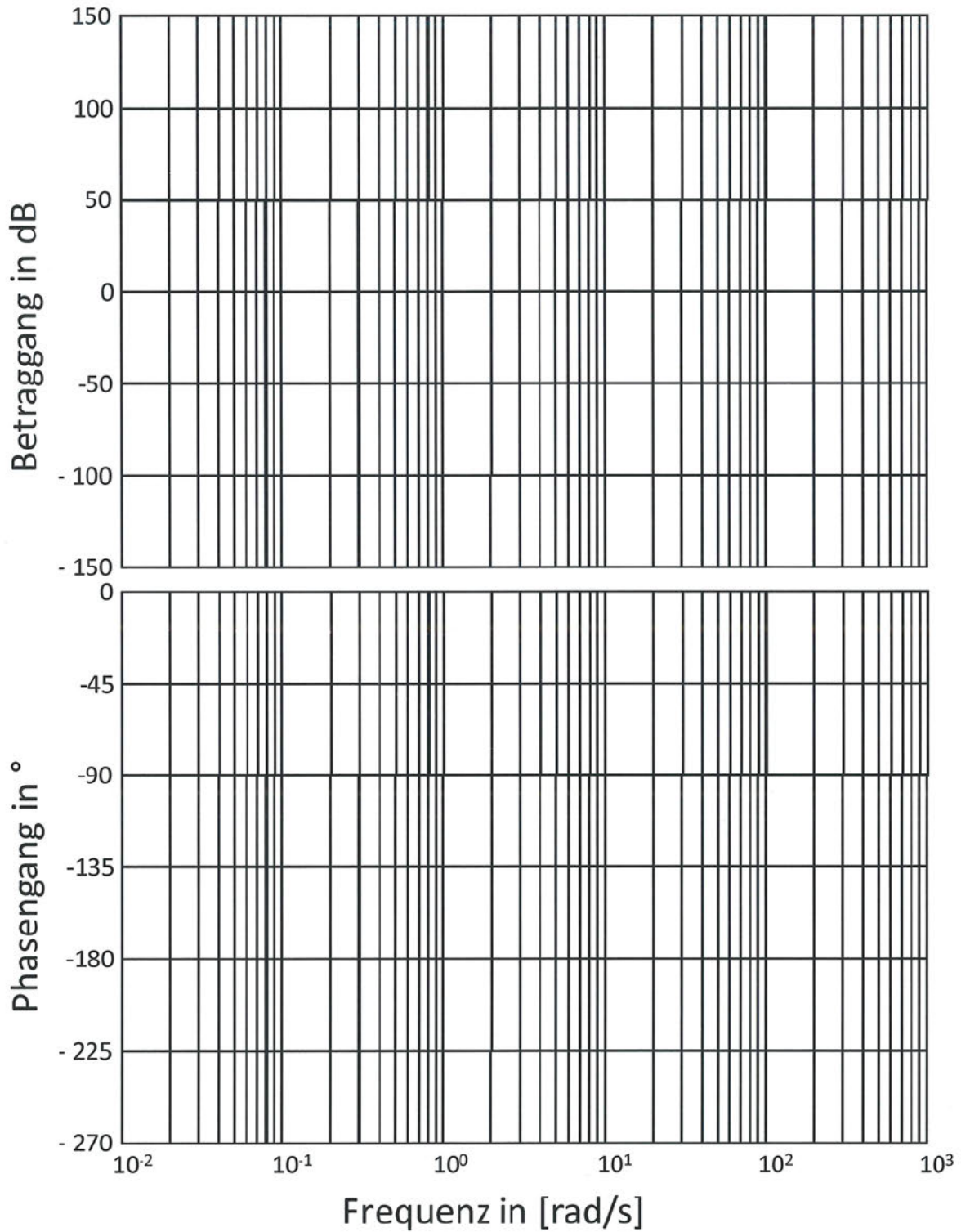
Regelungstechnik	Wintersemester 2022	Seite 6 / 13
Schriftliche Klausur Raum: B 554	1. Termin	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

<p>d. Als geschlossener Regelkreis soll keine Regelabweichung verbleiben: Welche Reglertypen kommen in Frage? Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich und numerisch!</p>	<p>PI oder PID, weil kleine Regelabweichung vorhanden sein soll. <del>Sie haben</del> Diese Regler haben einen I-Anteil.</p>
<p>e. Welcher Reglertyp soll eingesetzt werden, damit eine maximale Überschwingung von 20% entsteht und der Regelvorgang im Wesentlichen in 480 ms abgeschlossen ist? Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich und numerisch!</p>	<p><math>M_p = 0,2 \quad t_r = 0,485</math>  <math>\varphi_{R,soll} = 69^\circ - 106 \cdot 0,2 = 47,8^\circ</math>  <math>\omega_{c,soll} = \frac{1,44}{0,485} = 3 \text{ rad/s}</math>  <math>\varphi_{R,ist} = -\arctan\left(\frac{\omega_{c,soll}}{1}\right) - \arctan\left(\frac{\omega_{c,soll}}{10}\right) - \arctan\left(\frac{\omega_{c,soll}}{20}\right) + 180^\circ</math>  <math>\varphi_{R,ist} = 83,2^\circ</math>  <math>\varphi_{R,ist} &gt; \varphi_{R,soll} \Rightarrow \underline{\underline{PI\text{-Regler}}}</math></p>
<p>f. Dimensionieren Sie alle Parameter des von Ihnen ausgewählten Reglers.</p>	<p><math>\varphi_{PI} = \varphi_{R,soll} - \varphi_{Strecke} - \pi</math>  <math>\varphi_{R,soll} = 47,8^\circ</math>  <math>\varphi_{Strecke} = -\arctan\left(\frac{\omega_{c,soll}}{1}\right) - \arctan\left(\frac{\omega_{c,soll}}{10}\right) - \arctan\left(\frac{\omega_{c,soll}}{20}\right)</math>  <math>\varphi_{Strecke} = -96,785^\circ</math>  <math>\varphi_{PI} = -35,435^\circ</math>  <math>T = \frac{1}{\omega_{c,soll}} \cdot \tan\left(\varphi_{PI} + \frac{\pi}{2}\right) = 0,468 \text{ s}</math></p>

Aufgabe 2, Bode-Diagramm

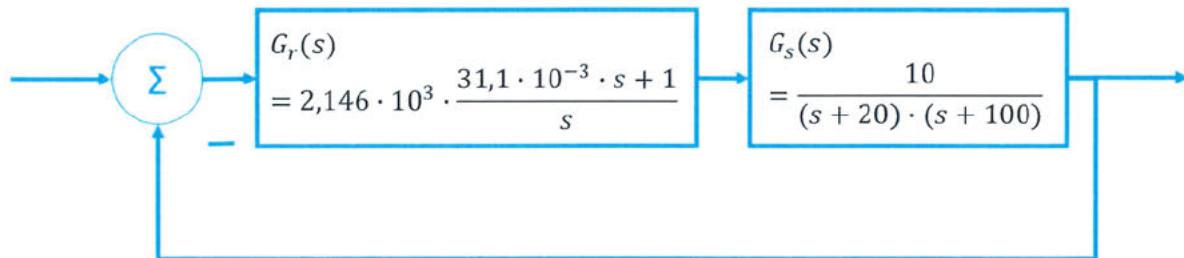


Aufgabe 2, Bode-Diagramm (extra)



### 3. Aufgabe

Eine B-TI Absolventin fing an zu arbeiten. Ihre erste Aufgabe war, sich mit dem folgenden geschlossenen Regelkreis zu beschäftigen und ihn in seinen Eigenschaften zu verbessern.



Wie gewöhnt von schlechten Ingenieur\*innen gab es leider keine Entwicklungsdokumentation.

Aufgabe	Ihre Antwort
<p>a. Berechnen Sie die „Rise Time“ vom System.</p>	<p><i>[Handwritten signature]</i></p> <p>Ich würde erstmal das System in den Zeitbereich zurück transformieren und aufzeichnen. Dann könnte man die Zeit ablesen.</p> <p>Wir wissen das der Regler als <math>T_N = 31,1 \cdot 10^{-3}</math> hat.</p>

Regelungstechnik	Wintersemester 2022	Seite 10 / 13
Schriftliche Klausur Raum: B 554	1. Termin	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

b. Berechnen Sie den Phasenrand vom geschlossenen Regelkreis

$$\omega_{c, \text{ Soll}} = \frac{1,44}{31,1 \cdot 10^{-3}} = 46,3 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\varphi_{R, \text{ Soll}} = -\arctan\left(\frac{46}{20}\right) - \arctan\left(\frac{46}{100}\right) + 180^\circ$$

$$\varphi_{R, \text{ Soll}} = 88,79^\circ$$

c. Der geschlossene Regelkreis soll in seinen Eigenschaften verbessert werden: Eine maximale Überschwingung von 10% entsteht und der Regelvorgang im Wesentlichen in 4,8 ms. Was ist Ihre Empfehlung für den neuen Regler? Begründen Sie Ihre Empfehlung numerisch!

$$\varphi_{R, \text{ Soll}} = 69^\circ - 106 \cdot 0,1 = 58,4^\circ$$

$$\omega_{c, \text{ Soll}} = \frac{1,44}{0,0048} = 300 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\varphi_{R, \text{ Ist}} = -\arctan\left(\frac{300}{20}\right) - \arctan\left(\frac{300}{100}\right) + 180^\circ$$

$$\varphi_{R, \text{ Ist}} = 22,25^\circ$$

$$\varphi_{R, \text{ Ist}} < \varphi_{R, \text{ Soll}}$$

$$\Rightarrow \text{PID-Regler}$$

Regelungstechnik	Wintersemester 2022	Seite 11 / 13
Schriftliche Klausur Raum: B 554	1. Termin	Prof. Dr.-Ing. FJ Morales Serrano

d. Berechnen Sie die Parameter von dem von Ihnen empfohlenen Regler!

$$\varphi_{PD} = \varphi_{R, \text{Soll}} - \varphi_{\text{Strecke}} - \pi$$

$$\varphi_{R, \text{Soll}} = 58,4^\circ$$

$$\varphi_{R, \text{Strecke}} = -\arctan\left(\frac{300}{20}\right) - \arctan\left(\frac{300}{100}\right)$$

$$\varphi_{R, \text{Strecke}} = -157,75^\circ$$

$$\varphi_{PD} = 36,15^\circ + 5^\circ \text{ Erhöhung} = 41,15^\circ$$

$$\omega_1 = \left( \tan\left(\frac{\varphi_{PD} + \frac{\pi}{2}}{2}\right) \right)^2 = 4,849$$

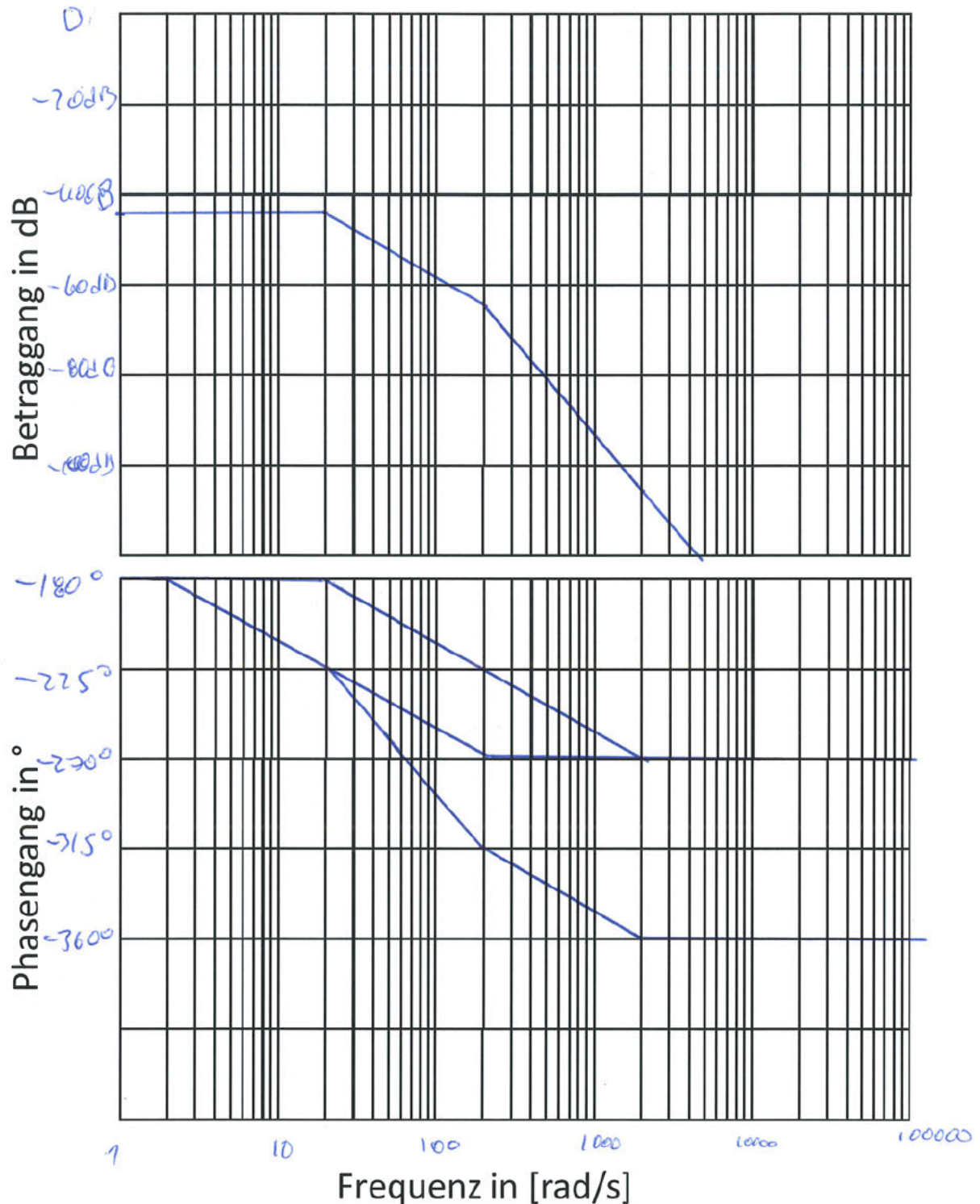
$$\omega_1 = \frac{300}{\sqrt{m}} = 136,24 \Rightarrow T_1 = \underline{0,0075 \text{ s}}$$

$$\omega_2 = 300 \sqrt{m} = 660,67 \Rightarrow T_2 = \underline{0,0075 \text{ s}}$$

$$T_3 = 10 \cdot T_1 = \underline{0,075 \text{ s}}$$

$$\omega_3 = 0,1 \cdot \omega_1 = 13,624$$

Aufgabe 3, Bode-Diagramm



Aufgabe 3, Bode-Diagramm (extra)

