

## Einlesezeit

Für die Durchsicht der Klausur wird eine „Einlesezeit“ von **10 Minuten** gewährt. Während dieser Zeitdauer ist es Ihnen **nicht** gestattet, mit der Bearbeitung der Aufgaben zu beginnen. Dies bedeutet konkret, dass sich während der gesamten Dauer der Einlesezeit keinerlei Schreibgeräte (Stifte, Füller, etc.) auf dem Tisch befinden dürfen sowie die Nutzung von mitgeführten Unterlagen respektive (elektronischer) Wörterbücher bzw. tragbarer Translater strengstens untersagt ist. Nehmen Sie Ihre Schreibgeräte und Unterlagen erst zur Hand, wenn die Prüfungsaufsicht auf das Ende der Einlesezeit hingewiesen hat und füllen Sie zunächst das Deckblatt **vollständig** aus.

*Viel Erfolg!*

---

NAME	
VORNAME	
MATRIKEL-NR.	
TISCH-NR.	

## Klausurunterlagen

Ich versichere hiermit, dass ich sämtliche für die Durchführung der Klausur vorgesehenen Unterlagen erhalten, und dass ich meine Arbeit ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung unerlaubter Hilfsmittel und sonstiger unlauterer Mittel angefertigt habe. Ich weiß, dass ein Bekanntwerden solcher Umstände auch nachträglich zum Ausschluss von der Prüfung führt. Ich versichere weiter, dass ich sämtliche mir überlassenen Arbeitsunterlagen sowie meine Lösung vollständig zurück gegeben habe. Die Abgabe meiner Arbeit wurde in der Teilnehmerliste von Aufsichtsführenden schriftlich vermerkt.

DIE OBIGEN ANGABEN SOWIE DIE UNTERSCHRIFT  
SIND ZWINGEND ZU KLAUSURBEGINN ZU LEISTEN.

Duisburg, den

\_\_\_\_\_ (Datum)

\_\_\_\_\_ (Unterschrift der/des Studierenden)

## Bewertungstabelle

Aufgabe 1	
Aufgabe 2	
Aufgabe 3	
Gesamtpunktzahl	
Angepasste Punktzahl	
%	
Bewertung gem. PO in Ziffern	

---

(Datum und Unterschrift 1. Prüfer, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Söffker)

---

(Datum und Unterschrift 2. Prüfer, Prof. Dr.-Ing. Mohieddine Jelali, Priv.-Doz.)

---

(Datum und Unterschrift des für die Prüfung verantwortlichen Prüfers, Söffker)

Fachnote gemäß Prüfungsordnung:

<input type="checkbox"/>											
1,0	1,3	1,7	2,0	2,3	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	5,0	
sehr gut		gut			befriedigend			ausreichend		mangelhaft	

Bemerkung: \_\_\_\_\_

**Achtung:** Schreiben Sie Ihre Antwort für ALLE Aufgaben direkt unter die entsprechende Aufgabe in den Aufgabenbogen!

Verwenden Sie KEINE Bleistifte oder roten Stifte für die Beantwortung von Fragen oder für Zeichnungen!  
(Rote Stifte werden bei der Korrektur verwendet.)

Diese Prüfung lege ich ab als

- Pflichtfach
- Wahlfach
- Auflage

(Bitte EINES ankreuzen).

Maximal erreichbare Punktzahl:	<b>80</b>
Mindestprozentzahl für die Note 1,0:	<b>95%</b>
Mindestprozentzahl für die Note 4,0:	<b>50%</b>

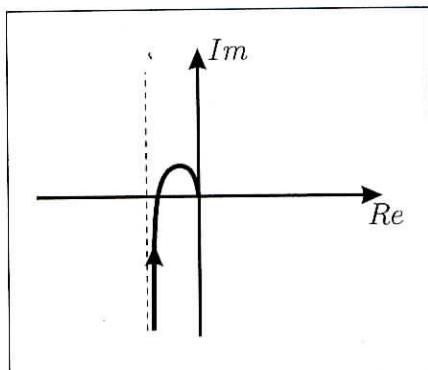
**Allgemeine Hinweise:**

- 1) Für die Multiple-Choice und multiple-choice-ähnlichen Fragen gilt:
  - i) Korrekte Teillantworten werden mit der vorgesehenen Teipunktzahl bewertet.
  - ii) Nichtkorrekte Teillantworten werden mit der vorgesehenen Teipunktzahl negativ bewertet.
  - iii) Keine Willensäußerung führt weder zu einer negativen noch zu einer positiven Anrechnung.
  - iv) Die in einer Aufgabe anfallenden positiven wie negativen Punkte werden aufsummiert.  
Eine negative Gesamtpunktzahl gibt es nicht.
- 2) Sollten im Einzelfall keine zulässigen Zahlenbereiche für Zeitkonstanten, Massen etc. angegeben sein, gehen Sie immer von positiven Zahlenwerten für die Zeit und für Massen aus.
- 3) Sollte im Einzelfall keine Angabe zu positiver oder negativer Rückführung angegeben sein, gehen Sie immer von der üblichen negativen Rückführung aus.

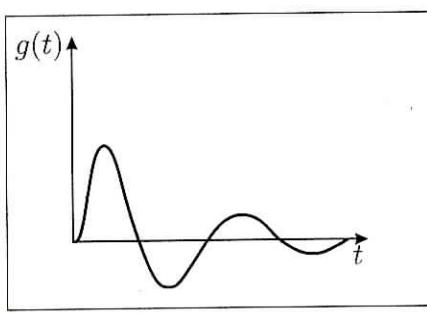
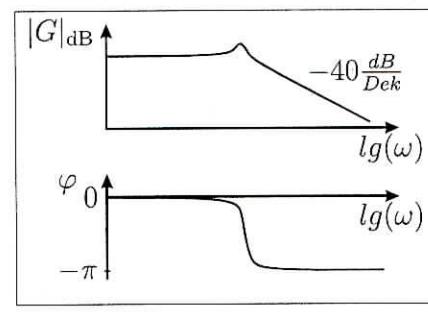
**Aufgabe 1** (35 Punkte)

1a) (3 × 5 × 1 Punkt, 15 Punkte)

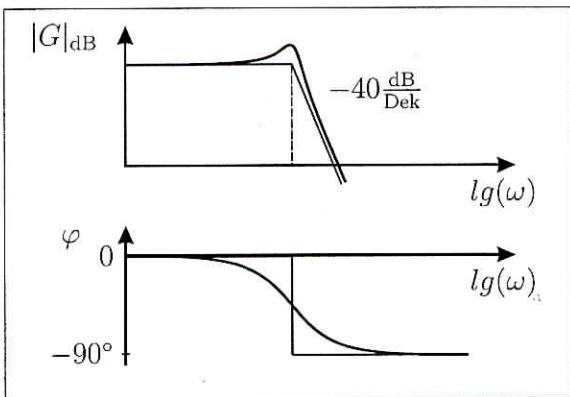
Welche der folgenden Aussagen sind wahr und welche sind falsch?

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
A.1)	<p>Die Ortskurve eines Systems mit <math>IT_1</math>-Übertragungsverhalten ist nachfolgend dargestellt.</p> 	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
A.2)	Die Funktionen Sprungfunktion, Impulsfunktion und Rampenfunktion sind typische Ausgangsgrößen der Regelungstechnik.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
A.3)	Die allgemeine Berechnungsvorschrift der Fouriertransformation für eine Funktion $f(t)$ ist $\mathcal{F}\{f(t)\} = \int_0^t f(t)e^{-\omega t} dt$ .	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
A.4)	Die Ortskurve enthält die Informationen von Amplituden- und Phasengang eines Bode-Diagramms mindestens in qualitativer Weise.	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
A.5)	Die Nullstellen eines $PIDT_1$ -Übertragungsverhaltens $G(s) = \frac{10[1 + \frac{1}{3}s + \frac{2}{3}s]}{2s + 1}$ sind $s_{n1} = -1$ und $s_{n2} = -\frac{1}{2}$ .	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>



Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
B.1)	<p>Folgende Darstellungen beschreiben ein strukturell gleichwertiges Übertragungsverhalten (Hinweis: <math>g(t) = \frac{dh(t)}{dt}</math>):</p>  	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
B.2)	<p>Das System <math>A = \begin{bmatrix} 0 &amp; 1 \\ -1 &amp; -1 \end{bmatrix}</math>, <math>B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}</math>, <math>C = [0 \ 1]</math> wird im Frequenzbereich durch <math>G(s) = \frac{s}{s^2 + s + 1}</math> beschrieben.</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
B.3)	<p>Die Laplacetransformierte <math>U(s)</math> von <math>u(t) = 3 \cdot 1(t-1) + 2 \cdot 1(t-2) - 1(t-3)</math> ist <math>U(s) = \frac{3}{s}e^{-s} + \frac{2}{s}e^{-2s} - \frac{1}{s}e^{-3s}</math>.</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
B.4)	<p>Das E/A-Verhalten eines PI-Übertragungselementes wird im Frequenzbereich durch die Gleichung <math>y(s) = K(1 + \frac{1}{T_I s})u(s)</math> beschrieben.</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
B.5)	<p>Aufgrund der unterschiedlichen Stabilitätsbetrachtung kann ein E/A-Verhalten im Zeitbereich instabil und im Frequenzbereich stabil sein.</p>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
C.1)	<p>Ein System mit einem sog. Doppelpol kann folgenden Frequenzkennlinienverlauf aufweisen:</p> 	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
C.2)	<p>Das E/A-Verhalten eines <math>\text{PIT}_1</math>-Systems hat die Übertragungsfunktion <math>G(s) = \frac{5(1+2s)}{8s+1}</math>.</p>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
C.3)	<p>Mit Totzeit führt die Systembeschreibung des in 1a)C.2) genannten Systems auf ein nichtlineares Systemverhalten.</p>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
C.4)	<p>Ein Übertragungssystem weise ein <math>\text{PDT}_1</math>-Übertragungsverhalten mit den Koeffizienten <math>K = 2</math>, <math>T_1 = 3</math> und <math>T_D = 4</math> auf. Der stationäre Endwert bei einer Sprunganregung mit <math>u(t) = 3 \cdot 1(t)</math> beträgt <math>y(t \rightarrow \infty) = 6</math>.</p>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
	Nachfolgend ist die Eigenwertverteilung eines Systems angegeben.		
C.5)	<p>Der zugehörige Verlauf im Bode-Diagramm ist nachfolgend dargestellt.</p>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>



1b) (12 Punkte)

Der nachstehende approximierte Verlauf eines Bode-Diagramms ist zu analysieren.

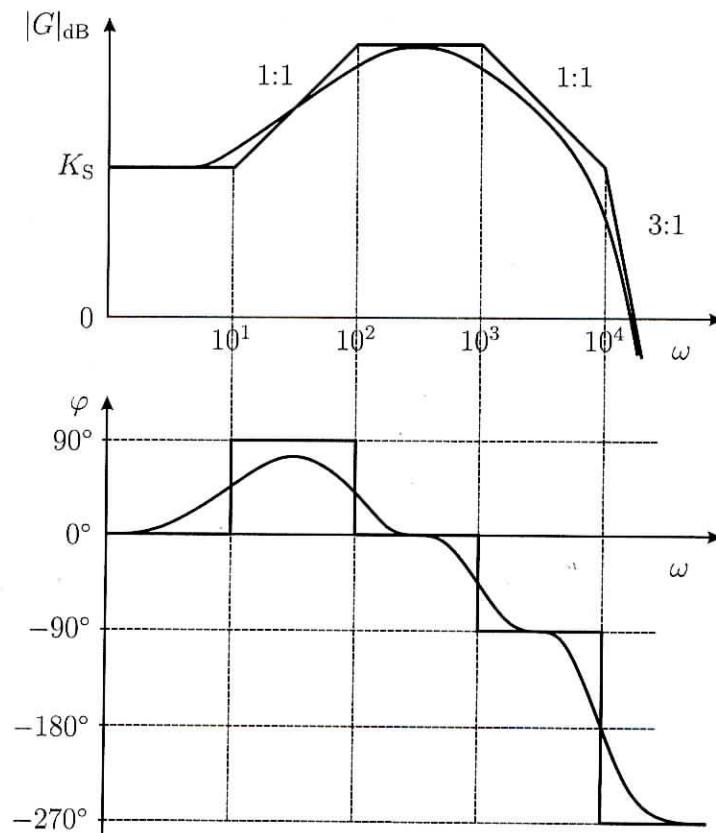


Abbildung 1.1: Bode-Diagramm

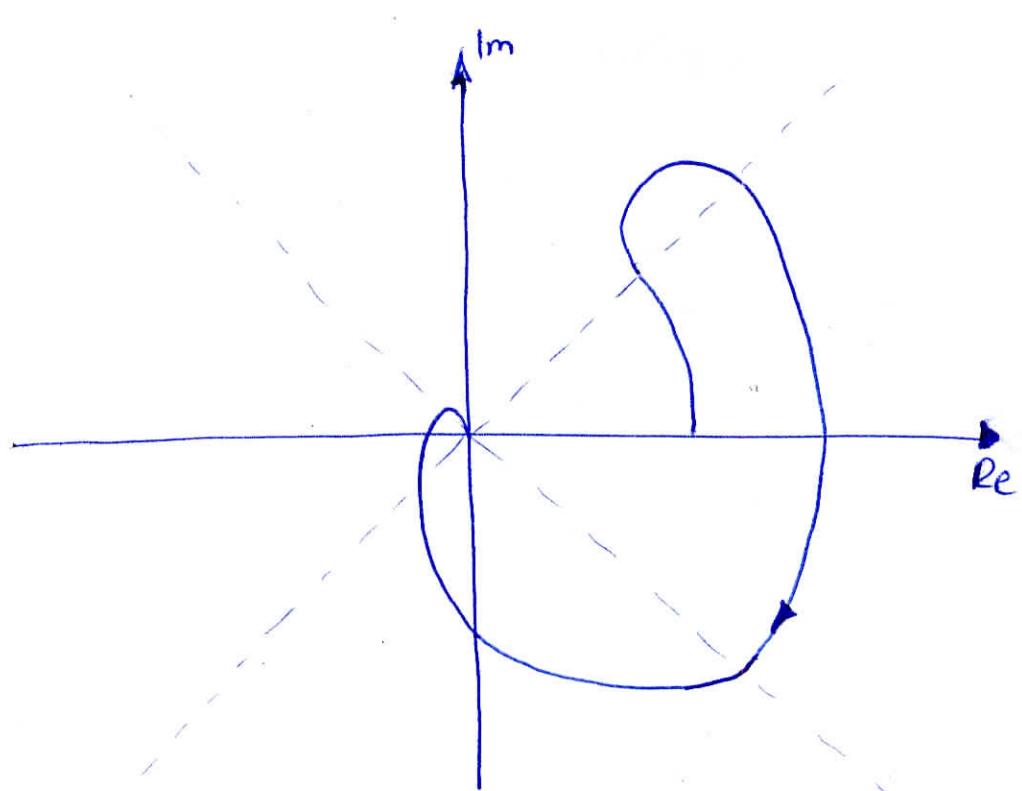
1b) i) (3 Punkte)

Klassifizieren Sie das Systemverhalten als proportional, differential oder integral. Begründen Sie Ihre Entscheidung an Hand des Amplituden- und/oder Phasenverlaufes.

Proportional, da der Amplitudenverlauf für  $\omega \rightarrow 0$  eine Steigung von  $0 \frac{\text{dB}}{\text{Dek}}$  aufweist, bzw. da der Phasenverlauf für  $\omega \rightarrow 0$   $0^\circ$  beträgt.



1b) ii) (4 Punkte)

Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf der Ortskurve für den Bereich von  $\omega = 0$  bis  $\omega = \infty$ .

1b) iii) (1 Punkt)

Handelt es sich bei dem gezeigten System um ein Minimalphasensystem (Ja/Nein und warum)?

Ja, da alle Nullstellen und Polstellen  
einen negativen Realteil haben und  
keine Totzeit existiert.



1b) iv) (1 Punkt)

Handelt es sich bei dem gezeigten System um ein stabiles System (Ja/Nein und warum)?

Ja, da alle Pole einen negativen  
Realteil haben.



1b) v) (3 Punkte)

Geben Sie die Übertragungsfunktion  $G(s)$  des zugrundeliegenden Systems in Normalform an.

$$\text{Pole: } s_1 = -100$$

$$s_2 = -1000$$

$$s_{3/4} = -10000$$

$$\text{Nullstelle: } s_n = -10$$

$$G(s) = \frac{K_s \left( \frac{1}{10} s + 1 \right)}{\left( \frac{1}{100} s + 1 \right) \left( \frac{1}{1000} s + 1 \right) \left( \frac{1}{10000} s + 1 \right)^2}$$



1c) (8 Punkte)

Die Übertragungsfunktion einer Regelstrecke lautet

$$G_S(s) = \frac{K}{\frac{1}{\omega_0^2}s^2 + \frac{2D}{\omega_0}s + 1}.$$

Zur Verbesserung des dynamischen Verhaltens ist ein PI-Regler in Gegenkopplung mit

$$G_R(s) = K\left(1 + \frac{1}{T_I s}\right)$$

vorgesehen.

Hierbei gilt  $\frac{1}{T_I} < \omega_0$  und  $D < \frac{\sqrt{2}}{2}$ .

1c) i) (6 Punkte)

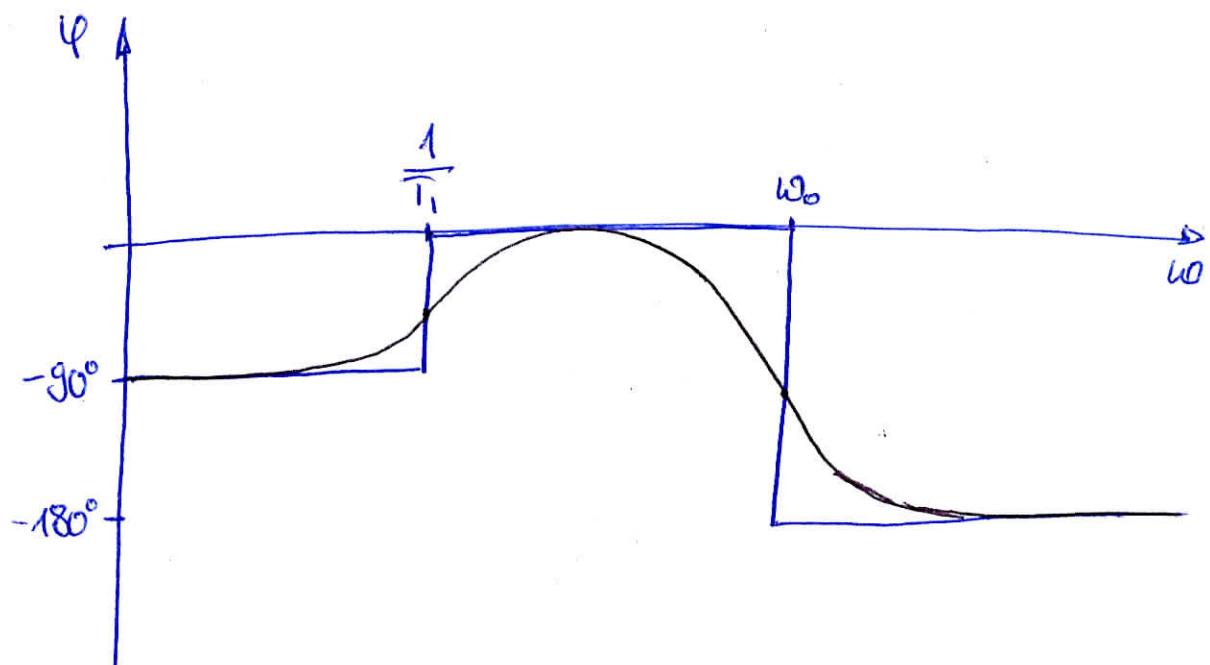
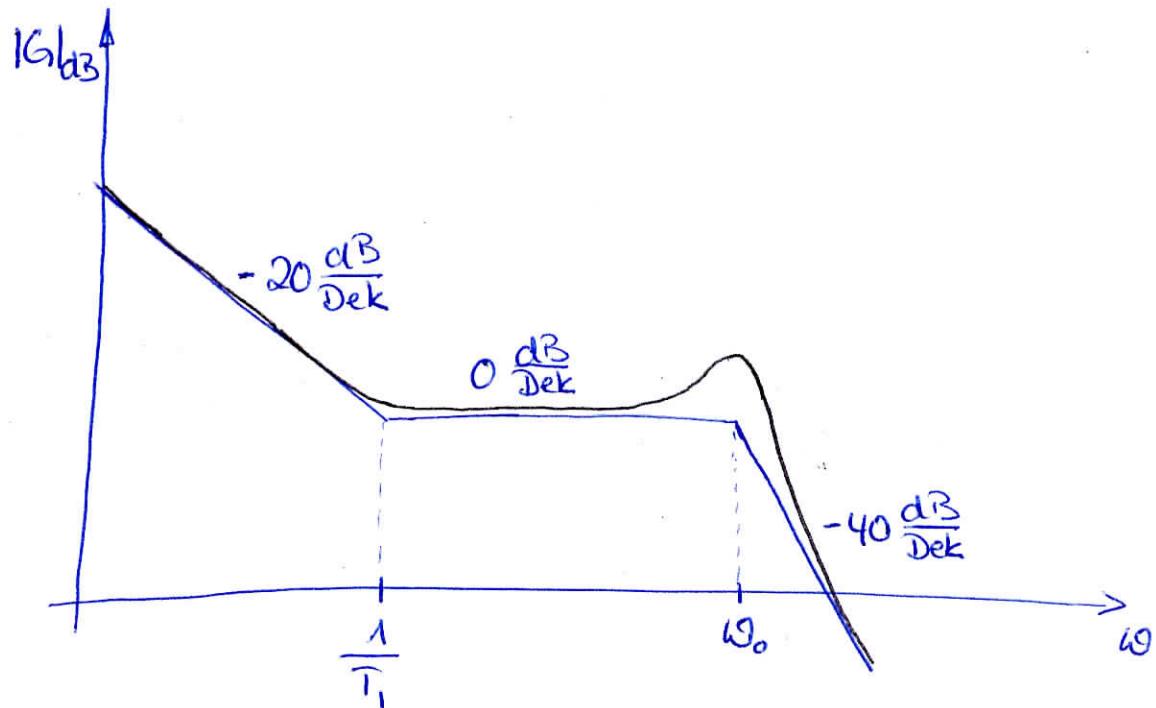
Zeichnen Sie qualitativ das Bode-Diagramm (realer und approximierter Verlauf) des offenen Regelkreises und geben Sie alle qualitativ bestimmbaren Kenngrößen (Pol-/Nullstellenlage, Phasenwerte, ...) an.

$$G_O = \frac{K^2 (T_I s + 1)}{T_I s \left( \frac{1}{\omega_0^2} s^2 + \frac{2D}{\omega_0} s + 1 \right)}$$

Pole:  $s_1 = 0$

$$s_{2/3} = \omega_0 \mathbb{D} \pm \omega_0 \sqrt{\mathbb{D}^2 - 1} \Rightarrow \omega_{e_{2/3}} = \omega_0$$

Nullstelle:  $s_{n1} = -\frac{1}{T_I} \Rightarrow \omega_{e_1} = \frac{1}{T_I}$



1c) ii) (1 Punkt)

Geben Sie für den angegebenen offenen Regelkreis die beim Schließen des Regelkreises entstehende Amplituden- und Phasenreserve grafisch in der gegebenen Ortskurve an.

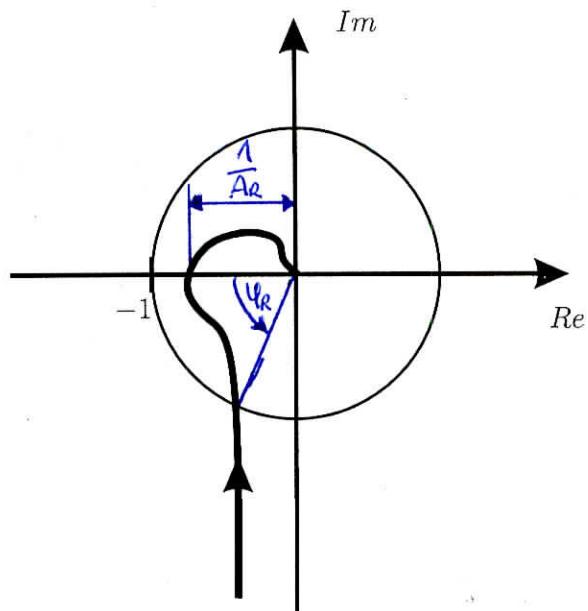


Abbildung 1.2: Ortskurve



1c) iii) (1 Punkt)

Handelt es sich bei dem geregelten System um ein System mit stabilem Regelverhalten?  
Warum/warum nicht?

Ja, da der Phasenrand  $\varphi_R > 0^\circ$  ist,  
bzw. der Amplitudenrand  $A_R > 1$  ist,  
bzw. nach speziellem Nyquistkriterium  
der kritische Punkt immer links von  
der Ortskurve liegt.



**Aufgabe 2** (30 Punkte)2a)  $(1 \times 5 \times 1$  Punkt, 5 Punkte)

Bewerten Sie die Aussagen in der nachstehenden Tabelle.

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
1)	Die Berücksichtigung von zeitlichen Verzögerungen bei der mathematischen Beschreibung von Übertragungsfunktionen erfolgt durch die Multiplikation der Übertragungsfunktion ohne Verzögerung mit $e^{-T_t s}$ mit $T_t$ als Maß für die zusätzliche zeitliche Verzögerung z. B. in Sekunden.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
2)	Ein System wird durch $G(s) = \frac{1 + \frac{2}{s}}{(s + 5)(s + 4)(s + 3)}$ beschrieben. Das E/A-Verhalten des Systems ist asymptotisch stabil.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3)	Ein System mit integralem Verhalten kann problemlos mit einem Regler mit integralem Verhalten geregelt werden.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4)	Es gilt $g(t) = ag_1(t) + bg_2(t),$ $\mathcal{L}\{g(t)\} = a\mathcal{L}\{g_1(t)\} + b\mathcal{L}\{g_2(t)\}.$	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
5)	Es gilt $\mathcal{L}^{-1}\{G(s)\} = \int h(t)dt.$	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



2b) (17 Punkte)

Die Übertragungseigenschaften eines Mensch-Maschine-Systems sollen experimentell bestimmt werden. Die Messung ergibt für das Übertragungsverhalten der Dynamik der Maschine (Strecke) das in Abbildung 2.1 dargestellte Bode-Diagramm.

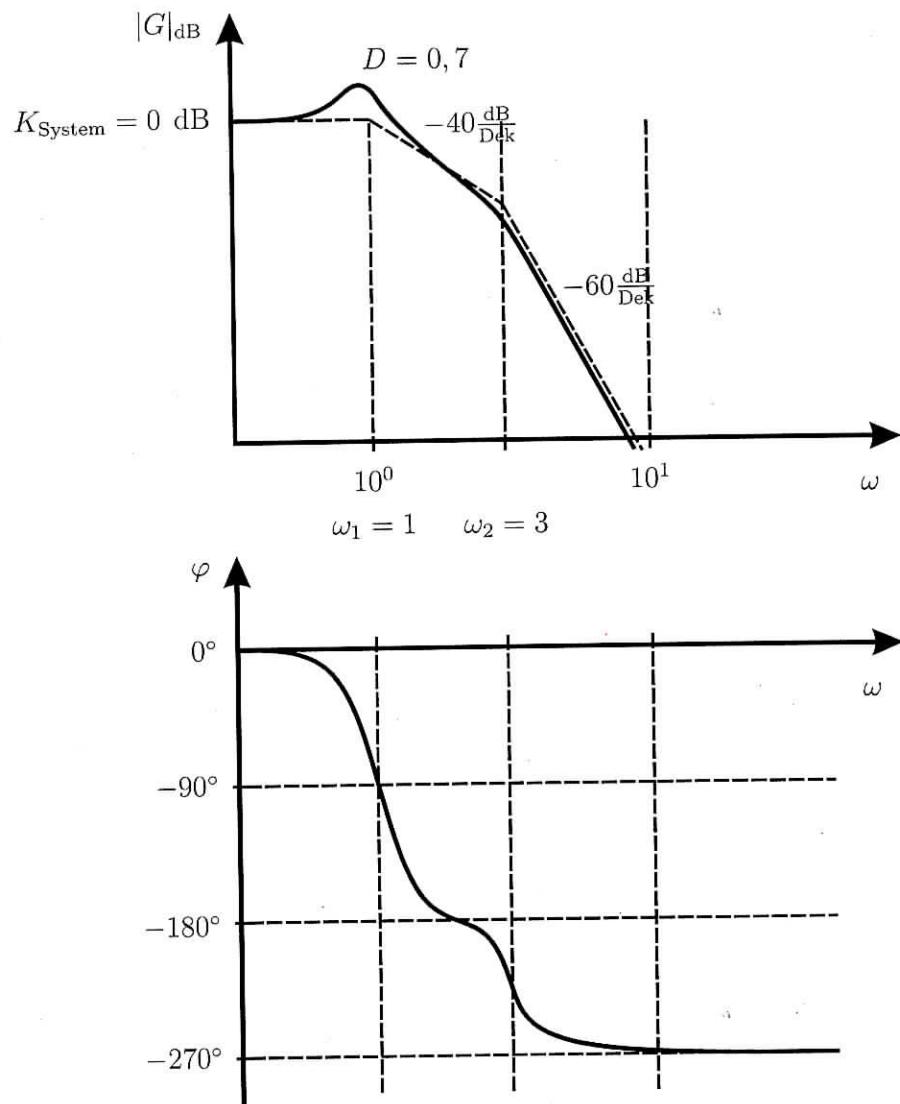


Abbildung 2.1: Frequenzgang der Strecke

Das Verhalten des Menschen werde durch

$$G_{\text{Mensch}}(s) = \frac{(1 + T_D s) K_M}{1 + T_1 s} \cdot e^{-T_t s}$$

mit  $T_D = 0,2$  Sek.,  $T_1 = 0,7$  Sek. und  $T_t = 0,7$  Sek. beschrieben und dient als Regler.

2b) i) (4 Punkte)

Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion des offenen Regelkreises. Ist der offene Regelkreis stabil? Ist der offene Regelkreis minimalphasig? Begründen Sie Ihre Antwort.

$$G_S(s) = \frac{K_S}{\left(\frac{1}{\omega_0^2} s^2 + \frac{2\zeta}{\omega_0} s + 1\right)(T_1 s + 1)}$$

$$K_S = 0 \text{ dB} = 1$$

$$\omega_0 = \omega_1 = 1$$

$$\zeta = 0,7$$

$$T_1 = \frac{1}{\omega_2} = \frac{1}{3}$$

$$G_S(s) = \frac{1}{(s^2 + 1,4s + 1)(\frac{1}{3}s + 1)}$$

$$G_R(s) = \frac{(1 + 0,2s) \cdot K_M}{1 + 0,7s} \cdot e^{-0,7s}$$

$$G_O(s) = \frac{K_M \cdot e^{-0,7s} (1 + 0,2s)}{(s^2 + 1,4s + 1)(\frac{1}{3}s + 1)(1 + 0,7s)}$$

$$\text{Pole: } s_{1,2} = -0,7 \pm \sqrt{0,7^2 - 1}$$

$$s_3 = -3$$

$$s_4 = -\frac{1}{0,7}$$

Ja, da alle Pole des offenen Regelkreises einen negativen Realteil aufweisen.  

Totzeit vorhanden  $\rightarrow$  nicht minimalphasig

Nehmen Sie für die folgenden Aufgaben ii)-vii) für die Strecke die Übertragungsfunktion

$$G_S(s) = \frac{1}{(s^2 + 8s + 52)(s + 7)}$$

und für den Regler

$$G_{\text{Mensch}}(s) = K_M \cdot e^{-T_b s}$$

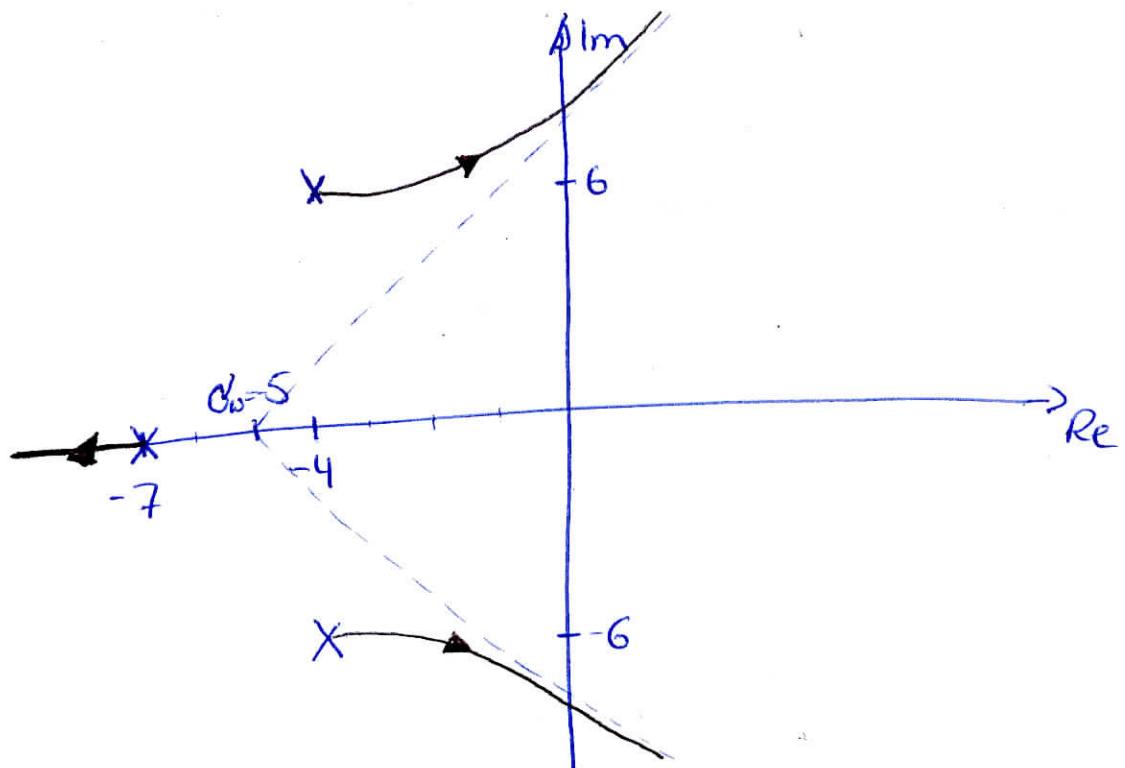
an.

2b) ii) (7 Punkte)

Bestimmen Sie die Wurzelortskurve des Systems. Zeichnen Sie für  $T_b = 0$  Sek. die vollständige Wurzelortskurve. Bestimmen Sie hierzu exakt Verzweigungspunkte und Asympototenschnittstellen.

Pole:  $s_{1,2} = -4 \pm 6j$

$s_3 = -7$



Asymptotenschnittstelle:

$$\varrho_w = \frac{-7-4-4}{3} = -\frac{15}{3} = -5$$

Es existiert kein Verzweigungspunkt auf der reellen Achse.



2b) iii) (1 Punkt)

Wie viele instabile Eigenwerte/Pole weist das Gesamtsystem für sehr große Verstärkungen auf?

Zwei instabile Pole.



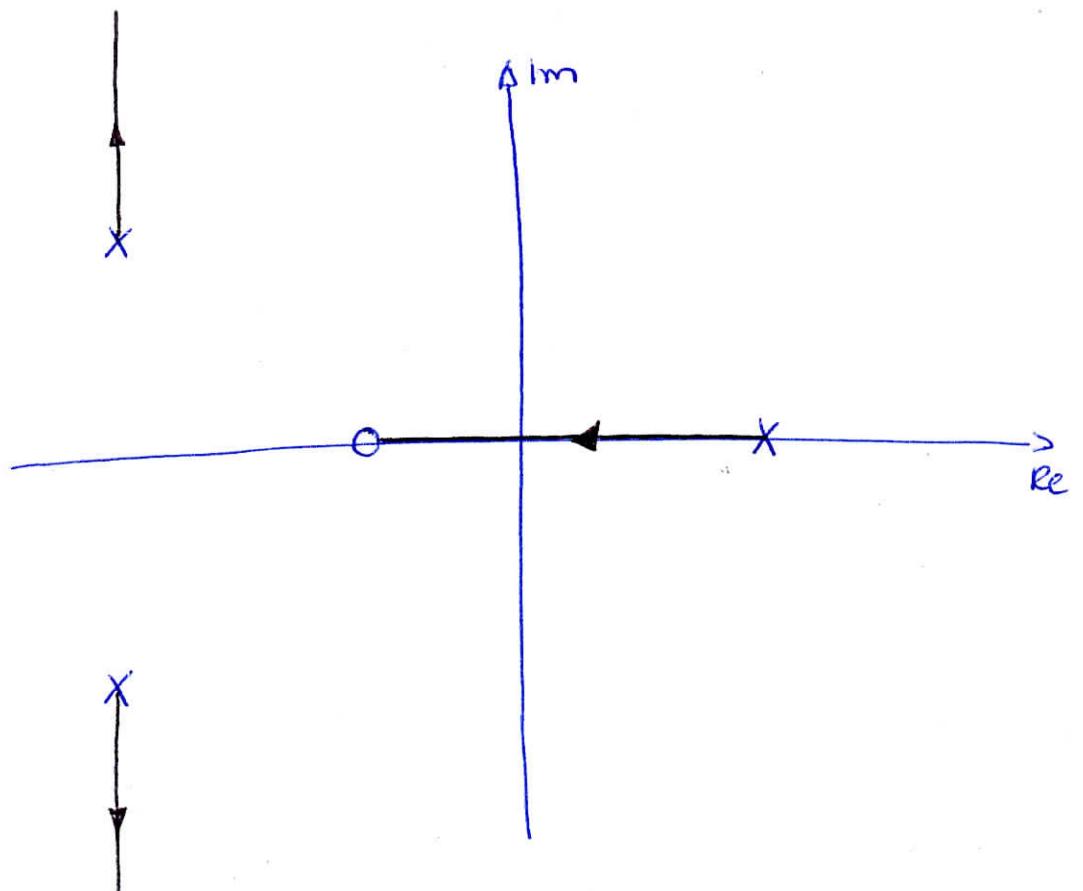
2b) iv) (1 Punkt)

Der Mensch wird durch einen Regler mit nur voreilendem (antizipativem) Verhalten ersetzt und lässt sich durch

$$\tilde{G}_{\text{Mensch}}(s) = (1 + T_{\text{D}}s)$$

beschreiben.

Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass durch einen technischen Fehler der rein reelle Pol der Strecke instabil wird. Kann der antizipativ agierende Mensch das Systemverhalten stabilisieren? Begründen Sie Ihre Antwort.



Das System verhalten kann durch den neuen Regler  $\tilde{G}$  stabilisiert werden, da sich für große  $K$  kein Pol auf der rechten s-Halbebene befindet (siehe WOK).



2b) v) (1 Punkt)

Wie verhält sich das System für große  $K$  in Bezug auf Stabilität und Schwingungsneigung?

Für große  $K$  ist das System asymptotisch stabil, allerdings wird die Dämpfung für steigende  $K$  immer geringer.



2b) vi) (1 Punkt)

Wie müsste hinsichtlich der mathematischen Eigenschaften des Übertragungsverhaltens im Frequenzbereich das menschliche Verhalten gestaltet sein, damit für große  $K$  keine Schwingungen auftreten?

Das Übertragungsverhalten des Menschen müsste eine weitere Nullstelle mit negativem Realteil besitzen.



2b) vii) (1 Punkt)

Ist das angenommene oder ggf. erweiterte Verhalten kausal? Begründen Sie Ihre Antwort.

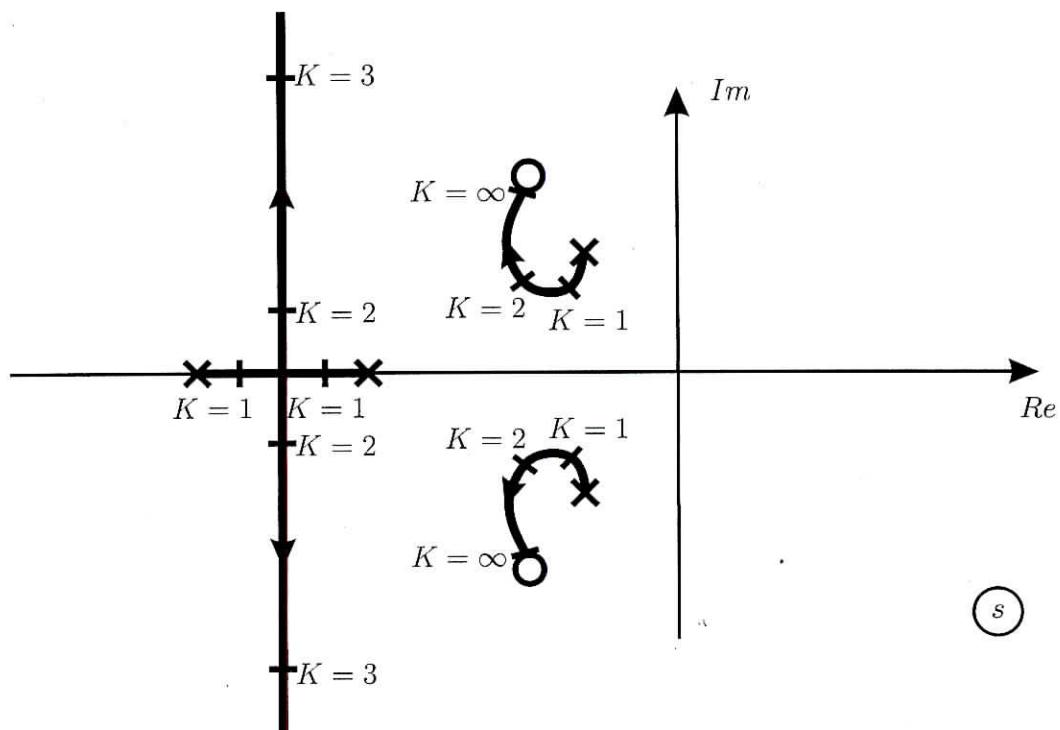
Nein, da ein voreilendes Verhalten  
in der Realität in Kombination mit  
der typischen Annahme eines reaktiven  
Verhaltens nicht möglich ist.



2c) (8 Punkte)

2c) i) (1 Punkt)

Beurteilen Sie das dynamische Verhalten des geschlossenen Regelkreises in Abhängigkeit von  $K$  mit Hilfe der gegebenen Wurzelortskurve. Kann das System instabiles Verhalten aufweisen? Begründen Sie Ihre Antwort.



Nein, da für alle  $K > 0$  die Pole einen negativen Realteil haben.



2c) ii) (2 Punkte)

Für welches  $K$  weist das Gesamtsystem die höchste Dämpfung auf? Begründen Sie Ihre Antwort.

Für  $K=2$ , da sich beim konjugiert komplexen Polpaar der kleinste Winkel einstellt.

(Der größte von allen vorhandenen Winkeln beschreibt die gesuchte Dämpfung des Systems.)



2c) iii) (1 Punkt)

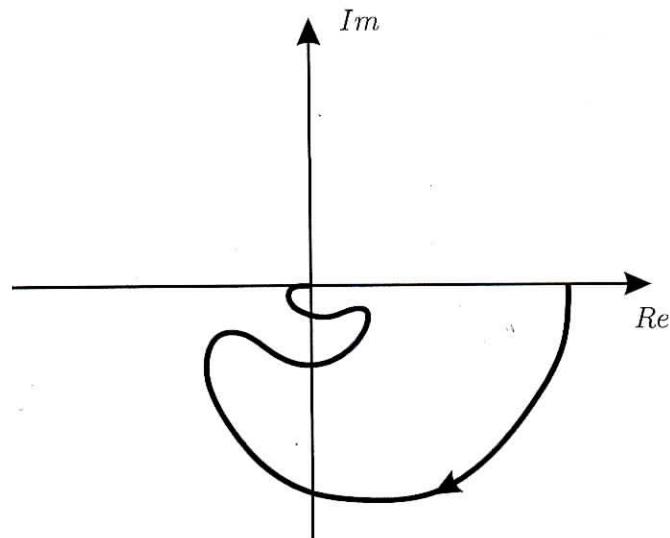
Gibt es mehr Pole als Nullstellen? Wie groß ist ggf. der Polüberschuss?

Ja,  $n-q=2$ .

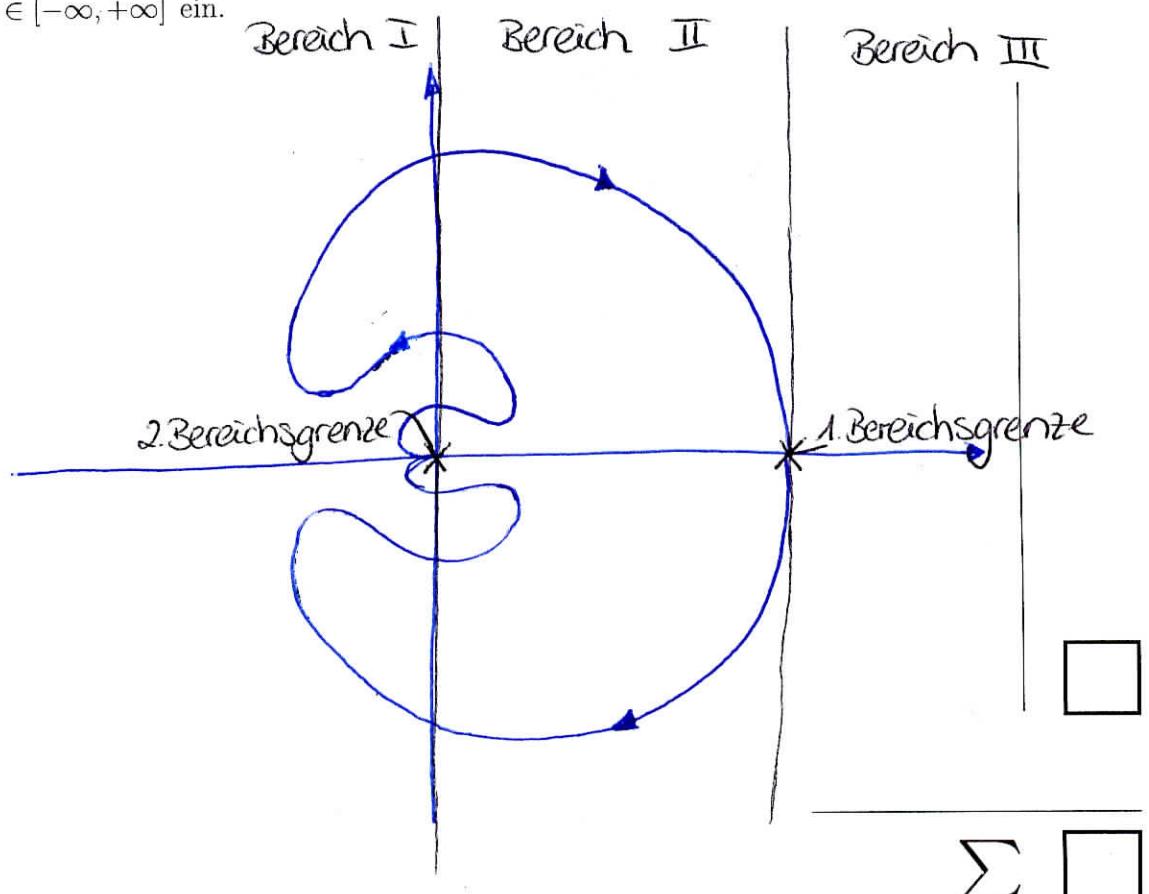


2c) iv) (4 Punkte)

Das in 2c)i) gezeigte System zeigt folgende Ortskurve.



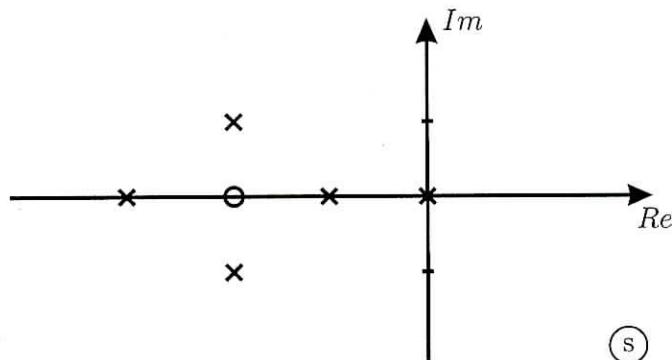
Zeichnen Sie für das gezeigte System die vollständige Nyquistkurve. Zeichnen Sie die prinzipiellen Bereichsgrenzen für unterschiedliche Bereiche des Verstärkungsfaktors  $K \in [-\infty, +\infty]$  ein.



$\sum$

**Aufgabe 3** (15 Punkte)3a) (2  $\times$  5  $\times$  1 Punkt, 10 Punkte)

Ein System mit  $\text{PIT}_3$ -Verhalten wird mit einem Regler mit  $\text{PT}_1$ -Verhalten geregelt (Ge- genkopplung). Der offene Regelkreis sei durch eine Pol-/Nullstellenverteilung wie in Abbil- dung 3.1 dargestellt gekennzeichnet.

**Abbildung 3.1:** Pol-/Nullstellenverteilung

Bewerten Sie die Aussagen in den nachstehenden Tabellen.

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
A.1)	Das ungeregelte System ist grenzstabil.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.2)	Der offene Regelkreis ist asymptotisch stabil.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A.3)	Der geschlossene Regelkreis weist für kleine Reglerverstärkungen keinen Pol im Ursprung auf.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.4)	Durch eine geeignete Reglereinstellung lässt sich ein Verhalten mit $D < \frac{\sqrt{2}}{2}$ einstellen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
A.5)	Der geschlossene Regelkreis weist abhängig von der Verstärkung $K$ keine konjugiert komplexen Pole auf.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



Nehmen Sie das gegebene  $\text{PIT}_3$ -System und den  $\text{PT}_1$ -Regler als Betrachtungsgrundlage für die einzelnen Aussagen in der nachstehenden Tabelle.

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
B.1)	Die Phasenverschiebung des offenen Regelkreises für $\omega = 0$ beträgt $-90^\circ$ .	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
B.2)	Durch das Hinzufügen einer einfach positiven Nullstelle kann das System für beliebige Verstärkungen stabilisiert werden.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
B.3)	Anstelle der in 3a)B.2) hinzugefügten Nullstelle wird eine Nullstelle sehr weit links hinzugefügt. Das Gesamtsystemverhalten des geschlossenen Regelkreises verändert sich hinsichtlich der Stabilitätseigenschaften dadurch grundsätzlich.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
B.4)	Der geschlossene Regelkreis aus 3a)B.3) ist für alle Reglerverstärkungen nicht schwingungsfähig.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
B.5)	Prinzipiell könnte ein Regler der Art $G_R = (s+1)(s+2)$ das $\text{PIT}_3$ -System stabilisieren.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>



3b) (5 Punkte)

Gegeben sei ein Minimalphasensystem mit dem in Abbildung 3.2 dargestellten Amplitudengang.

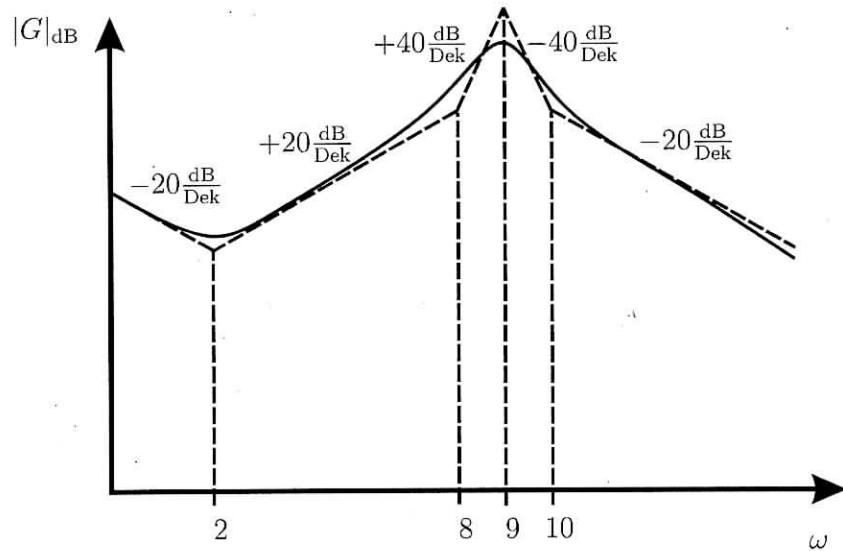


Abbildung 3.2: Amplitudengang

3b) i) (2 Punkte)

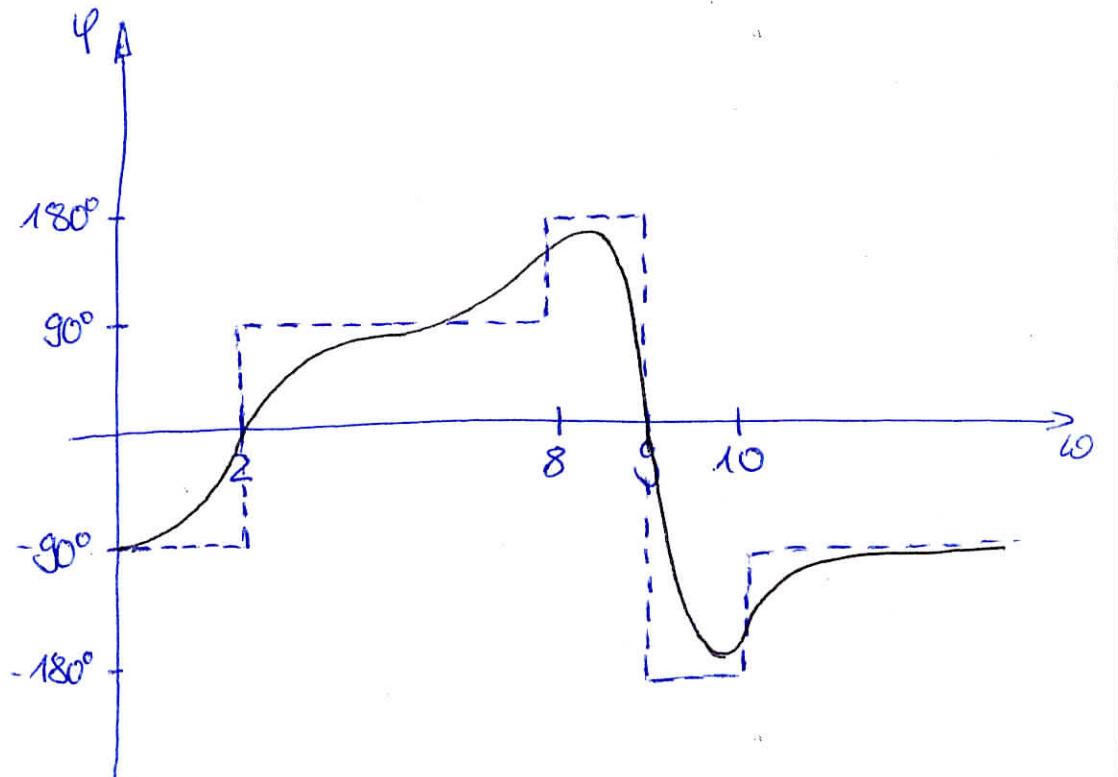
Ist das System ein Totzeitsystem? Woran lässt sich dieses Verhalten erkennen bzw. warum ist es ein/kein Totzeitsystem?

Nein, da es ein Minimalphasensystem ist.



3b) ii) (3 Punkte)

Bestimmen Sie qualitativ unter Verwendung von Zahlenwerten für Frequenz und Phase das Phasendiagramm (realer und approximierter Verlauf) entsprechend dem Amplitudengang in Abbildung 3.2.



$\sum$