

Regelungstechnik – Abschlussklausur

Prof. Dr. Moritz Diehl und Dr. Jörg Fischer, IMTEK, Universität Freiburg 23. September 2015, 9:00-11:30,
Freiburg, Georges-Koehler-Allee 101 Raum 026+010/14

Seite	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Punkte auf Seite (max)	2	8	9	9	6	6	9	8	0	0
Erreichte Punkte										
Zwischensumme										

Note: Klausur eingesehen am: Unterschrift des Prüfers:

Nachname: Vorname: Matrikelnummer:

Fach: Studiengang: Bachelor Master Lehramt Sonstiges

Unterschrift:

Tragen Sie bitte Ihren Namen und die anderen Angaben oben ein. Auf den folgenden 10 Seiten finden Sie insgesamt 26 Fragen mit zusammen 57 Punkten. Geben Sie die Antworten direkt unter den Fragen an oder nutzen Sie bei Bedarf nach Möglichkeit die Rückseite **desselben Blattes** (oder, falls diese bereits voll ist, die leere Seite am Ende) für Ergebnisse, die in die Korrektur einfließen sollen; verweisen Sie zudem direkt bei der Frage im Hauptteil auf die entsprechende Seite. Sie können zudem weiteres weißes Papier für Zwischenrechnungen verwenden, aber bitte geben Sie dieses Extrapapier nicht ab. Als Hilfsmittel ist neben Schreibmaterial und einem Taschenrechner auch ein doppelseitiges Blatt mit Formelsammlung und Notizen erlaubt; einige juristische Hinweise finden sich in einer Fußnote.¹ Machen Sie bei den Multiple-Choice Fragen jeweils genau ein Kreuz bei der richtigen Antwort. Beantworten Sie zunächst die Ihnen einfach fallenden Fragen. Wenn Sie pro Punkt zwei Minuten Zeit rechnen, sind Sie nach ca. 2 Stunden fertig. Viel Erfolg!

1. Ein LTI-System hat die Sprungantwort $h(t) = 3\sigma(t) - e^{-2t}\sigma(t)$ für $t \in \mathbb{R}$. Wie lautet die Impulsantwort $g(t)$ des Systems für $t \in \mathbb{R}$? ($\sigma(t)$ ist die Sprungfunktion und $\delta(t)$ der Dirac-Impuls)

(a) <input type="checkbox"/> $2\delta(t) + 2e^{-2t}\sigma(t)$	(b) <input type="checkbox"/> $(3t + 0.5e^{-2t})\sigma(t) + 3\delta(t)$
(c) <input type="checkbox"/> $3\delta(t) + 2e^{-2t}\sigma(t)$	(d) <input type="checkbox"/> $(3t + 0.5e^{-2t})\sigma(t) + 2\delta(t)$

1

2. Mit welcher Befehlsfolge können Sie mit der *Python Control Systems Library* die Ortskurve der Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{s}{s+1}$ graphisch darstellen lassen?

(a) <input type="checkbox"/> <pre>import control.matlab as ctrl sys = ctrl.tf([1, 0],[1, 1]) ctrl.bode(sys)</pre>	(b) <input type="checkbox"/> <pre>import control.matlab as ctrl sys = ctrl.tf([0, 1],[1, 1]) ctrl.bode(sys)</pre>	(c) <input type="checkbox"/> <pre>import control.matlab as ctrl sys = ctrl.tf([1, 0],[1, 1]) ctrl.nyquist(sys)</pre>	(d) <input type="checkbox"/> <pre>import control.matlab as ctrl sys = ctrl.tf([0, 1],[1, 1]) ctrl.nyquist(sys)</pre>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1

points on page: 2

¹PRÜFUNGSUNFÄHIGKEIT: Durch den Antritt dieser Prüfung erklären Sie sich für prüfungsfähig. Sollten Sie sich während der Prüfung nicht prüfungsfähig fühlen, können Sie aus gesundheitlichen Gründen auch während der Prüfung von dieser zurücktreten. Gemäß den Prüfungsordnungen sind Sie verpflichtet, die für den Rücktritt oder das Versäumnis geltend gemachten Gründe unverzüglich (innerhalb von 3 Tagen) dem Prüfungsamt durch ein Attest mit der Angabe der Symptome schriftlich anzuzeigen und glaubhaft zu machen. Weitere Informationen: <https://www.tf.uni-freiburg.de/studium/pruefungen/pruefungsunfaehigkeit.html>.

TÄUSCHUNG/STÖRUNG: Sofern Sie versuchen, während der Prüfung das Ergebnis ihrer Prüfungsleistung durch Täuschung (Abschreiben von Kommilitonen ...) oder Benutzung nicht zugelassener Hilfsmittel (Skript, Buch, Mobiltelefon, ...) zu beeinflussen, wird die betreffende Prüfungsleistung mit "nicht ausreichend" (5,0) und dem Vermerk "Täuschung" bewertet. Als Versuch gilt bei schriftlichen Prüfungen und Studienleistungen bereits der Besitz nicht zugelassener Hilfsmittel während und nach der Ausgabe der Prüfungsaufgaben. Sollten Sie den ordnungsgemäßen Ablauf der Prüfung stören, werden Sie vom Prüfer/Aufsichtsführenden von der Fortsetzung der Prüfung ausgeschlossen. Die Prüfung wird mit "nicht ausreichend" (5,0) mit dem Vermerk "Störung" bewertet.

3. Ein LTI-System wird durch die Zustandsgleichung $\dot{x} = Ax + Bu, \quad y = Cx + Du$ beschrieben,

wobei $A = \begin{bmatrix} -2 & 0 & -3 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad C = [1 \quad 1 \quad 1], \quad D = 0.$

(a) Berechnen Sie das charakteristische Polynom $p_A(\lambda)$ des Systems.

2

(b) Wenn das System zum Zeitpunkt $t = 0$ mit einem Sprung angeregt wird, welches Verhalten zeigt der Ausgang $y(t)$ des Systems für $t \rightarrow \infty$? Der Ausgang...

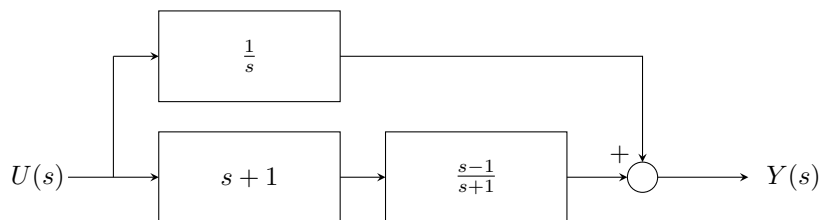
(a) <input type="checkbox"/> geht gegen Null.	(b) <input type="checkbox"/> zeigt eine Dauerschwingung.
(c) <input type="checkbox"/> geht gegen unendlich.	(d) <input type="checkbox"/> geht gegen einen konstanten Wert ungleich Null.

1

(c) Ist es möglich, den Zustand des Systems durch eine geeignete Wahl der Eingangsgröße $u(t)$ aus der Ruhelage $x = [0 \quad 0 \quad 0]^T$ in den Zustand $x = [\frac{\pi}{3} \quad 3 \quad 3]^T$ zu überführen? Begründen Sie Ihre Aussage.
Hinweis: Es ist nicht notwendig, den konkreten Verlauf von $u(t)$ zu berechnen.

2

4. Wie lautet die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{Y(s)}{U(s)}$ der folgenden Anordnung?



(a) <input type="checkbox"/> $\frac{s-1}{s}$	(b) <input type="checkbox"/> $\frac{s+1}{s}$	(c) <input type="checkbox"/> $\frac{s^2-s+1}{s}$	(d) <input type="checkbox"/> $\frac{s+3}{s+1}$
----------------------------------------------	----------------------------------------------	--------------------------------------------------	------------------------------------------------

1

5. Ein System wird durch die Differentialgleichung $2\ddot{y} - 2\dot{y} + 10y = 8\dot{u} + 4u$ beschrieben. Wie lautet die Übertragungsfunktion des Systems?

(a) <input type="checkbox"/> $\frac{4s+2}{s^2-s+5}$	(b) <input type="checkbox"/> $\frac{2s^2-2s+10}{8s+4}$	(c) <input type="checkbox"/> $\frac{2s^2-2s+1}{8s+4}$	(d) <input type="checkbox"/> $\frac{4s+8}{10s^2-2s+2}$
-----------------------------------------------------	--------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------

1

6. Ein System ist durch die Differentialgleichung $\dot{y}(t) = \frac{1}{2+u(t)}$ beschrieben. Ist das System *linear* und/oder *zeitinvariant*?

(a) <input type="checkbox"/> nur linear	(b) <input type="checkbox"/> nur zeitinvariant
(c) <input type="checkbox"/> linear und zeitinvariant	(d) <input type="checkbox"/> keines von beiden

1

points on page: 8

7. Ein System ist durch die Differentialgleichung $\dot{y}(t) = a \cdot e^{-b} \cdot u(t)$ beschrieben, wobei a und b von Null verschiedene konstante Parameter sind. Ist das System *linear* und/oder *zeitinvariant*?

(a) <input type="checkbox"/> nur linear	(b) <input type="checkbox"/> nur zeitinvariant
(c) <input type="checkbox"/> linear und zeitinvariant	(d) <input type="checkbox"/> keines von beiden

1

8. Ein System in Eingangs-Ausgangsform ist durch die Darstellung $-3\ddot{y} + 12\dot{y} - 3y = u$ beschrieben. Berechnen Sie die Matrizen A, B, C, D einer äquivalenten Zustandsdarstellung.

2

9. Der Eingang eines ruhenden LTI-Systems wird zum Zeitpunkt $t = 0$ von $u = 0$ auf $u = 1$ geändert. Die Systemantwort wurde für $t \geq 0$ gemessen und beträgt $y(t) = 4t + \frac{1}{10}e^{-\frac{t}{10}}$. Ist das System BIBO-stabil? Begründen Sie Ihre Antwort.

1

10. Welches System wird durch die Übertragungsfunktion $G(s) = 4 \frac{s(2s+1)}{(s-1)(s+1)}$ beschrieben ?

(a) <input type="checkbox"/> $\ddot{y} - y = 2\ddot{u} + \dot{u}$	(b) <input type="checkbox"/> $\ddot{y} - 2\dot{y} = 4\ddot{u} + u$	(c) <input type="checkbox"/> $8\ddot{y} + 4\dot{y} = \ddot{u} - u$	(d) <input type="checkbox"/> $\ddot{y} - y = 8\ddot{u} + 4\dot{u}$
-------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

1

11. Gegeben ist die offene Kette $G_0(s) = \frac{1}{s+2}$. Wie lautet die Übertragungsfunktion des geschlossenen Kreises (bei negativem Einheitsfeedback)?

(a) <input type="checkbox"/> $\frac{s}{s+2}$	(b) <input type="checkbox"/> $\frac{1}{s+2}$	(c) <input type="checkbox"/> $\frac{1}{s+3}$	(d) <input type="checkbox"/> $s + 2$
----------------------------------------------	----------------------------------------------	----------------------------------------------	--------------------------------------

1

12. Auf welche Weise wird die Rückführmatrix (engl.:Kalman gain) eines Kalman-Filters berechnet?

(a) <input type="checkbox"/> durch Minimierung des quadratischen Schätzfehlers	(b) <input type="checkbox"/> durch Polvorgabe
(c) <input type="checkbox"/> durch Loop-Shaping	(d) <input type="checkbox"/> durch die Methode von Ziegler-Nichols

1

13. Welche Übertragungsfunktion hat das Zustandsraummodell $\dot{x}(t) = -5x(t) + 2u(t), y(t) = 0.5x(t) + u(t)$?

(a) <input type="checkbox"/> $\frac{s+5}{s+6}$	(b) <input type="checkbox"/> $\frac{1}{s+5}$	(c) <input type="checkbox"/> $\frac{1}{s+6}$	(d) <input type="checkbox"/> $\frac{s+6}{s+5}$
------------------------------------------------	----------------------------------------------	----------------------------------------------	------------------------------------------------

1

14. Ein Regelkreis zeigt bei konstantem Sollwert eine bleibende Regelabweichung. Welches der folgenden Übertragungsglieder kann in Reihe zur offenen Kette geschaltet werden, um die bleibende Regelabweichung des geschlossenen Kreises zu eliminieren? (Es wird angenommen, dass der geschlossene Kreis mit dem zusätzlichen Übertragungsglied stabil ist.)

(a) <input type="checkbox"/> I-Glied	(b) <input type="checkbox"/> D-Glied	(c) <input type="checkbox"/> Totzeit-Glied	(d) <input type="checkbox"/> P-Glied mit Verstärkung 1
--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------------	--------------------------------------------------------

1

points on page: 9

15. Auf welche Weise wird die Rückführmatrix L eines Luenberger-Beobachters berechnet?

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| (a) <input type="checkbox"/> durch Minimierung des quadrierten Schätzfehlers | (b) <input type="checkbox"/> durch Polvorgabe |
| (c) <input type="checkbox"/> durch Loop-Shaping | (d) <input type="checkbox"/> durch die Methode von Ziegler-Nichols |

1

16. Es ist möglich, ein instabiles LTI-SISO System durch einen Regler zu stabilisieren, wenn das System...

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| (a) <input type="checkbox"/> keine Nullstellen in der rechten Halbebene besitzt. | (b) <input type="checkbox"/> steuerbar und beobachtbar ist. |
| (c) <input type="checkbox"/> keinen Pol in der rechten Halbebene besitzt. | (d) <input type="checkbox"/> keinen Durchgriff hat. |

1

17. Eine Strecke $G(s)$ wird in Reihe mit einem Totzeitglied geschaltet. Welchen Einfluss hat das Totzeitglied auf den Amplituden- und Phasengang von $G(s)$? Das Totzeitglied verändert...

- | | |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| (a) <input type="checkbox"/> nur den Amplitudengang | (b) <input type="checkbox"/> nur den Phasengang |
| (c) <input type="checkbox"/> Amplituden- und Frequenzgang | (d) <input type="checkbox"/> keines von beiden |

1

18. Das nichtlineare System $\dot{y}(t) = \sin(u(t)) + \cos(y(t))$ soll um den Punkt $u_{SS} = 0$, $y_{SS} = \frac{\pi}{2}$ linearisiert werden. Wie lautet die Differentialgleichung des linearisierten Systems in Abhängigkeit von $\Delta u(t) = u(t) - u_{SS}$ und $\Delta y(t) = y(t) - y_{SS}$?

- | | |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| (a) <input type="checkbox"/> $\Delta \dot{y}(t) = \Delta u(t) + \Delta y(t)$ | (b) <input type="checkbox"/> $\Delta \dot{y}(t) = \Delta u(t)$ |
| (c) <input type="checkbox"/> $\Delta \dot{y}(t) = \Delta y(t)$ | (d) <input type="checkbox"/> $\Delta \dot{y}(t) = \Delta u(t) - \Delta y(t)$ |

1

19. Ein LTI-System hat die Sprungantwort $h(t) = 2 \cos(t)$ für $t \geq 0$. Was ist die Impulsantwort $g(t)$ für $t \geq 0$?

- | | | | |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| (a) <input type="checkbox"/> $2\delta(t) - 2 \sin(t)$ | (b) <input type="checkbox"/> $-2 \sin(t)$ | (c) <input type="checkbox"/> $2\delta(t) + 2 \cos(t)$ | (d) <input type="checkbox"/> $2 \sin(t)$ |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|

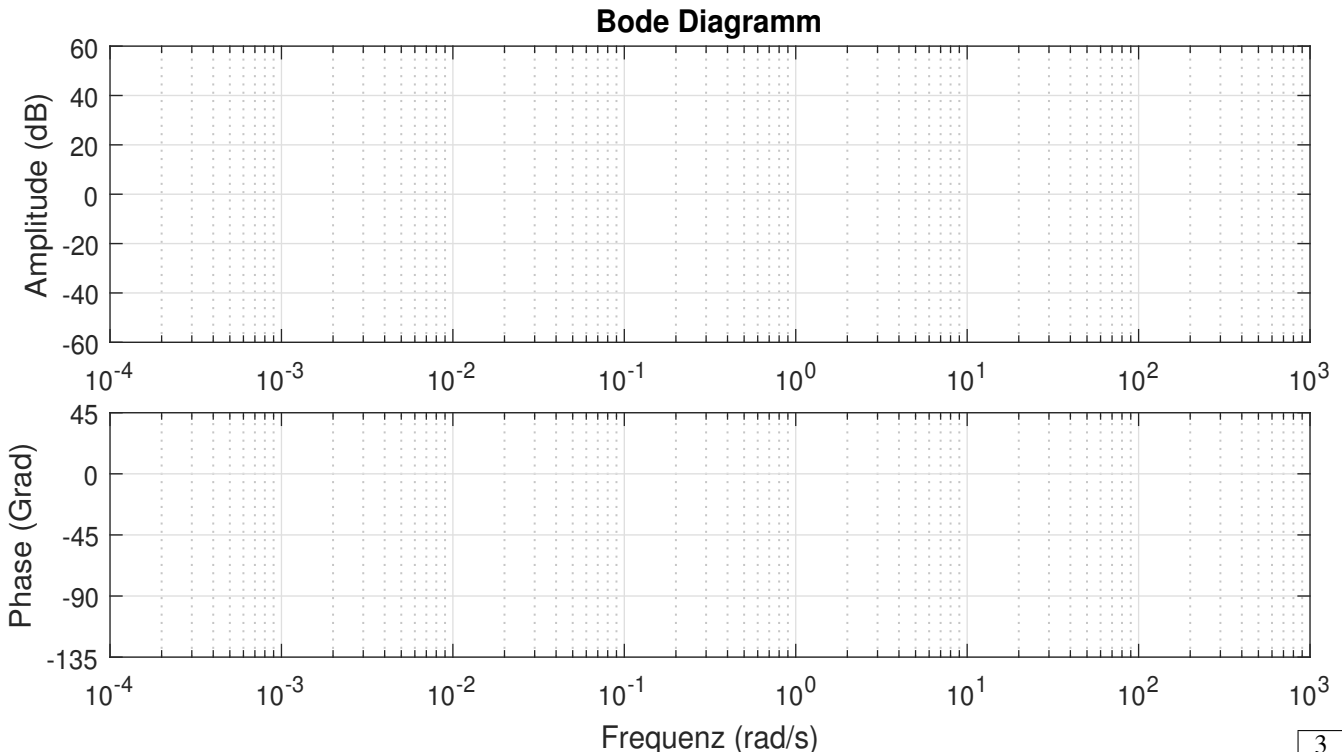
1

20. Welches der folgenden Systeme ist BIBO-stabil?

- | | | | |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| (a) <input type="checkbox"/> $\frac{s+4}{s^2+2s+1}$ | (b) <input type="checkbox"/> $\frac{s+3}{s^2+s-2}$ | (c) <input type="checkbox"/> $\frac{s^2+s+1}{s^3+s}$ | (d) <input type="checkbox"/> $\frac{s+3}{(s-1)(s+2)}$ |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|

1

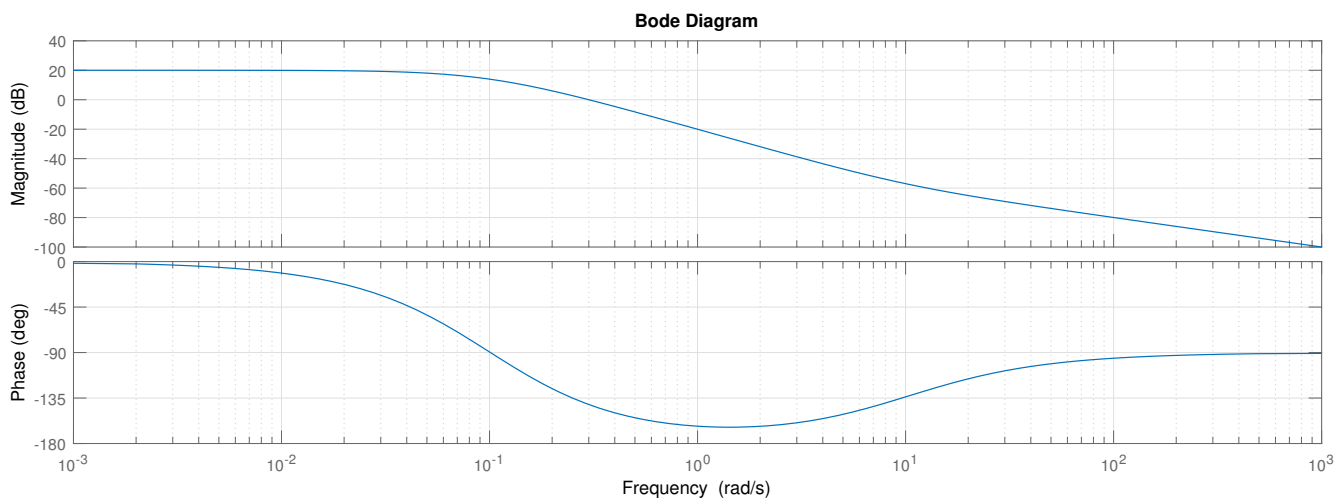
21. Skizzieren Sie das Bode-Diagramm des Systems $G(s) = \frac{0.01}{s} \cdot \frac{100s+1}{0.1s+1}$.



3

points on page: 9

22. Für ein stabiles LTI-System $G(s)$ wurde folgendes Bode-Diagramm ermittelt.



(a) Wie hoch ist der relative Grad (Polüberschuss) des Systems?

(a) 0 (b) 1 (c) 2 (d) 3

1

(b) Wie hoch ist die statische Verstärkung (DC-Gain) des Systems?

(a) -90 (b) 0 (c) 10 (d) 20

1

(c) Welchen Betrag hat die 0dB-Schnittfrequenz des Systems?

(a) 0.1 rad/s (b) 0.3 rad/s (c) 10 rad/s (d) ∞ rad/s

1

(d) Welche Amplitudenreserve hat das System (in etwa)?

(a) 0 (b) 20 (c) 40 (d) ∞

1

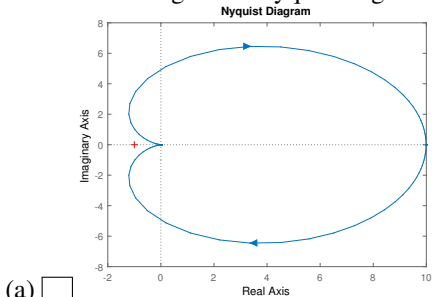
(e) Enthält das System einen Integrator (d.h. eine Polstelle bei Null) und/oder ein Totzeitglied?

(a) Integrator und Totzeitglied (b) Nur Integrator

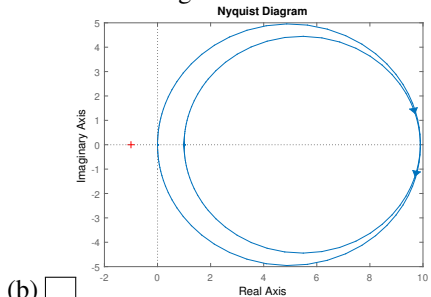
(c) Nur Totzeitglied (d) Keines von beiden

1

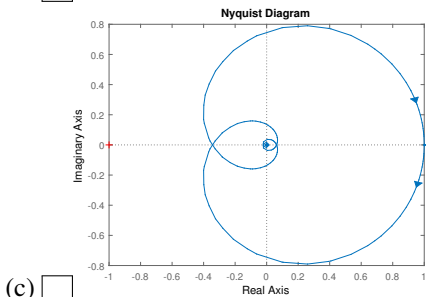
(f) Welches der folgenden Nyquistdiagramme entspricht dem Bodediagramm?



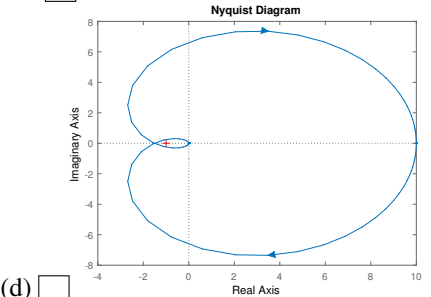
(a)



(b)



(c)

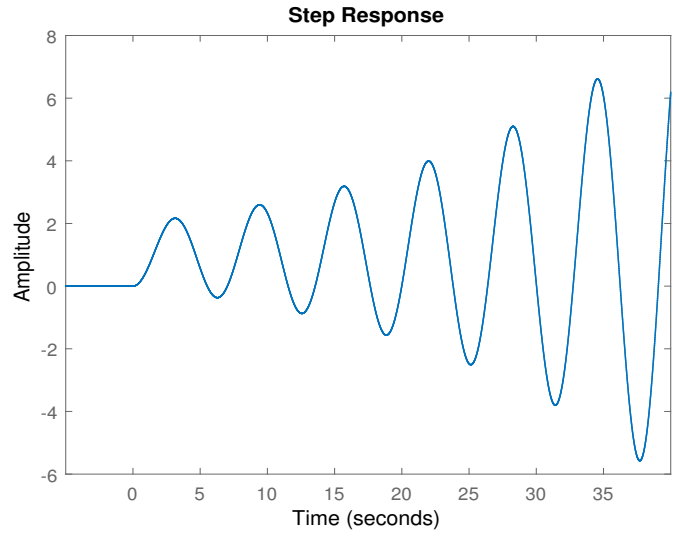
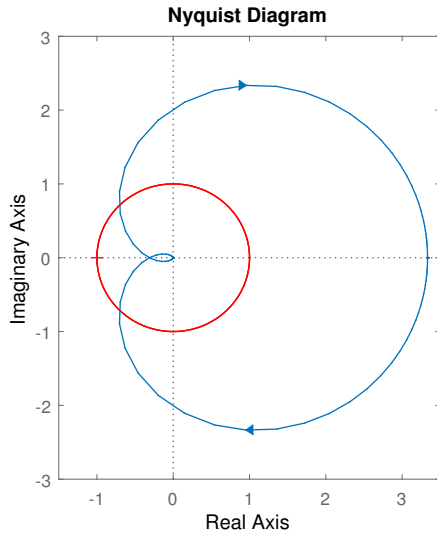


(d)

1

points on page: 6

23. Gegeben ist die Ortskurve des unbekanntes BIBO-stabilen Systems $G_1(s)$ (Abbildung links). Zudem ist die Sprungantwort eines weiteren unbekanntes Systems $G_2(s)$ gegeben (Abbildung rechts).



(a) Betrachten Sie die Ortskurve. Welche Amplitudenreserve hat der geschlossene Kreis $\frac{G_1(s)}{1+G_1(s)}$ (in etwa)?

(a) <input type="checkbox"/> 0	(b) <input type="checkbox"/> $\frac{1}{3}$	(c) <input type="checkbox"/> $\frac{2}{3}$	(d) <input type="checkbox"/> 3
--------------------------------	--------------------------------------------	--------------------------------------------	--------------------------------

1

(b) Betrachten Sie die Ortskurve. Welche Phasenreserve hat der geschlossene Kreis $\frac{G_1(s)}{1+G_1(s)}$ (in etwa)?

(a) <input type="checkbox"/> 0 Grad	(b) <input type="checkbox"/> 45 Grad	(c) <input type="checkbox"/> 90 Grad	(d) <input type="checkbox"/> ∞
-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------

1

(c) Betrachten Sie das Diagramm mit der Sprungantwort. Welche der folgenden Übertragungsfunktionen entspricht $G_2(s)$? Begründen Sie Ihre Antwort mit 2 Argumenten.

(a) <input type="checkbox"/> $\frac{1}{(s+1)^2}$	(b) <input type="checkbox"/> $\frac{1}{(s-1)^2}$
(c) <input type="checkbox"/> $\frac{1}{(s+(0.05+j)) \cdot (s+(0.05-j))}$	(d) <input type="checkbox"/> $\frac{1}{(s-(0.05+j)) \cdot (s-(0.05-j))}$

2

(d) Ist es möglich, dass die Beziehung $G_2(s) = \frac{G_1(s)}{1+G_1(s)}$ gilt und somit die gezeigte Sprungantwort vom geschlossenen Kreis $\frac{G_1(s)}{1+G_1(s)}$ stammt?

(a) <input type="checkbox"/> Ja	(b) <input type="checkbox"/> Nein
(c) <input type="checkbox"/> Keine eindeutige Aussage möglich, weil die Sprungantwort schwingt	(d) <input type="checkbox"/> Keine eindeutige Aussage möglich, weil das Nyquist-Diagramm nicht mit Frequenzwerten versehen ist.

1

24. Welches der folgenden Elemente kann in Reihe mit einem System geschaltet werden, um die Amplitude niedriger Frequenzen zu verringern, während die Amplitude hoher Frequenzen unverändert bleibt?

(a) <input type="checkbox"/> I-Glied	(b) <input type="checkbox"/> DT ₁ -Glied	(c) <input type="checkbox"/> PT ₁ -Glied	(d) <input type="checkbox"/> PT ₂ -Glied
--------------------------------------	-----------------------------------------------------	-----------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

1

points on page: 6

25. Für die lineare Strecke $G(s)$

$$G(s) = \frac{5s + 10}{5s^2 + s + 5}$$

soll ein Zustandsregler der Form $K = [k_0 \ k_1]$ ausgelegt werden, der die Dämpfung des geschlossenen Kreises auf $d_{CL} = 1$ anhebt.

(a) Wie groß ist die Dämpfung D des unregulierten Systems? Ist das System schwingungsfähig?

1	
---	--

(b) Wie müssen die Pole des geschlossenen Kreises gewählt werden, damit $d_{CL} = 1$ beträgt? Charakterisieren Sie die Lage dieser Pole in der s -Ebene.

2	
---	--

(c) Transformieren Sie $G(s)$ in den Zustandsraum und bringen Sie die Matrizen A , B , C und D in Regelungsnormform.

(d) Definieren Sie den Begriff der Steuerbarkeit und zeigen Sie, dass die Strecke $G(s)$ steuerbar ist.

1	
---	--

(e) Berechnen Sie einen Zustandsregler $K = [k_0 \ k_1]$ mittels Polvorgabe. Die Pole des geschlossenen Kreises sollen die Werte $s_1 = s_2 = -1$ haben. Nehmen Sie an, dass der Zustand direkt zugänglich ist. (Lösungsweg angeben)

2	
---	--

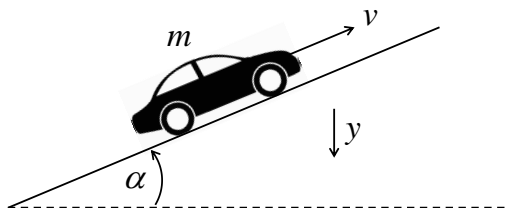
(f) Der geschlossene Kreis weist eine bleibende Regelabweichung auf. Wie hoch ist diese bezogen auf den Sollwert?

2	
---	--

1	
---	--

points on page: 9	
-------------------	--

26. Entwickeln Sie ein Modell für ein Fahrzeug, das eine um den Winkel α geneigte Fahrbahn mit Geschwindigkeit v hinauffährt. Das Fahrzeug wird mittels der einstellbaren Antriebskraft F_A angetrieben. Es besitzt die Masse m und erfährt die Gewichtskraft $F_G = mg$, die in Richtung der y -Achse wirkt. Zudem wirken auf das Fahrzeug der Luftwiderstand $F_{\text{Luft}} = c \cdot v^2$ und der Rollwiderstand $F_{\text{Roll}} = F_N \cdot f_{\text{Roll}}$ ein, wobei c und f_{Roll} bekannte Parameter sind und F_N den Anteil der Gewichtskraft beschreibt, mit dem das Fahrzeug auf die Fahrbahn gedrückt wird. Luft- und Rollwiderstand wirken entgegen der Bewegungsrichtung des Fahrzeugs.



- (a) Betrachten Sie F_A als Eingang sowie v und α als Zustände des Systems. Leiten Sie hierfür die nichtlineare Differentialgleichung des Systems her. Bei der Herleitung können Sie voraussetzen, dass die Antriebskraft immer in Bewegungsrichtung des Fahrzeugs wirkt und dass die Steigung α konstant bleibt. (Anmerkung: α ist streng genommen kein Zustand des Systems, wird hier aber als solcher betrachtet, um später die Neigung der Fahrbahn mit einem Beobachter schätzen zu können.)

2	
---	--

- (b) Das Fahrzeug besitze die folgenden Parameter $m = 1000 \text{ kg}$, $f_{\text{Roll}} = 0,1$, $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, $c = 1,5$. Bestimmen Sie für den Betriebspunkt $v_{\text{SS}} = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, $\alpha_{\text{SS}} = 0 \text{ rad}$ die Antriebskraft $F_{A,\text{SS}}$, mit der das Fahrzeug keine Beschleunigung erfährt. Wie nennt man einen solchen Betriebspunkt?

2	
---	--

- (c) Linearisieren Sie das System mit den Fahrzeugparametern aus b) um den in b) ermittelten Betriebspunkt. Bringen Sie das linearisierte System in Zustandsform.

2	
---	--

- (d) Zeigen Sie, dass der Zustand des Systems (und damit auch α) beobachtbar ist, wenn die Geschwindigkeit v des Fahrzeugs gemessen wird.

2	
---	--

points on page: 8	
-------------------	--

Leeres Blatt für Zwischenrechnungen

Leeres Blatt für Zwischenrechnungen