

Aufgabe 1: Grundlagen

a) Skizzieren Sie die Grundstruktur einer Regelung. Ihre Skizze sollte folgende Beschriftungen an der richtigen Stelle enthalten:

- Regler
- Sensor
- Regelstrecke
- Stellglied
- Stellgröße
- Regelgröße
- Sollwert

2P

b) Eine Aufgabe der Regelungstechnik besteht in der gezielten Beeinflussung *dynamischer* Systeme. Was bedeutet in der Regelungstechnik der Begriff „dynamisch“ und wie unterscheidet sich ein dynamisches System von einem statischen System? *Hinweis: Geben Sie die in der Vorlesung besprochene regelungstechnische Definition für Dynamik an, nicht die umgangssprachliche!*

1,5P

- c) Was ist das wesentliche Unterscheidungsmerkmal zwischen einer Regelung und einer Steuerung? Welchen Vorteil verschafft dieses Unterscheidungsmerkmal der Regelung?

1P

- d) Stellen Sie sich eine automatische Geschwindigkeitsregelung (Tempomat) eines Fahrzeugs als Beispiel für eine Regelung vor. Was entspricht in diesem Beispiel der Regelgröße, der Stellgröße, und dem Sensor? Geben Sie jeweils eine sinnvolle Entsprechung in der Tabelle an.

Regelungstechnischer Begriff:	Entspricht im Beispiel:
Regelgröße	
Stellgröße	
Sensor	

1,5P

Aufgabe 2: Beschreibung zeitkontinuierlicher Systeme

- a) Geben Sie die allgemeine Form einer Differentialgleichung (DGL) an, welche ein lineares zeitinvariantes System dritten Grades beschreibt. *Hinweis: Verwenden Sie keine konkreten Zahlenwerte, sondern stattdessen Koeffizienten wie $a_0, a_1, \dots, b_0, b_1$ usw.!*

1P

- b) Beschreiben die folgende DGLn LTI-Systeme? Begründen Sie!
*Hinweis: Eine bloße Angabe, dass Linearität oder Zeitinvarianz verletzt bzw. gegeben sind, reicht nicht aus. Sie müssen **konkret anhand der Gleichung begründen**, warum das System LTI bzw. nicht LTI ist.*

a. $\ddot{y} = 2 \dot{y} - 0.5y + u$

b. $\ddot{y} = 2 \dot{y} \cdot u - 0.5y$

c. $\ddot{y} = \begin{cases} +1 & \text{für } u > 0 \\ 0 & \text{für } u = 0 \\ -1 & \text{für } u < 0 \end{cases}$

1,5P

- c) Sei $U(s)$ die Laplace-Transformierte eines Signals $u(t)$. Geben Sie die Laplace-Transformierte der n -ten Ableitung von $u(t)$ an! *Hinweis: Sie können davon ausgehen, dass Anfangswerte $u(t=0)$ vernachlässigbar sind!*

$$\mathcal{L}\left(\frac{d^n}{dt^n}u(t)\right) =$$

0,5P

- d) Gegeben sei ein System mit folgender DGL, wobei u die Eingangsgröße und y die Ausgangsgröße des Systems darstellt:

$$\ddot{y} = 2 \dot{y} - 3 + 0.5 \dot{u} + 4u$$

Berechnen Sie die Laplace-Übertragungsfunktion des Systems!

Hinweis: In Ihrer Rechnung müssen die wesentlichen Zwischenschritte erkennbar sein. Eine bloße Angabe des Endergebnisses reicht nicht aus!

1P

- e) Kennt man die Impulsantwort $g(t)$ eines Systems, so kann man für ein gegebenes Eingangssignal $u(t)$ die Ausgangsgröße $y(t)$ bestimmen. Welche mathematische Operation muss dafür durchgeführt werden?
Hinweis: Es reicht aus, den Namen der mathematischen Operation zu nennen. Die Operation kann, aber muss nicht formelmäßig angegeben werden.

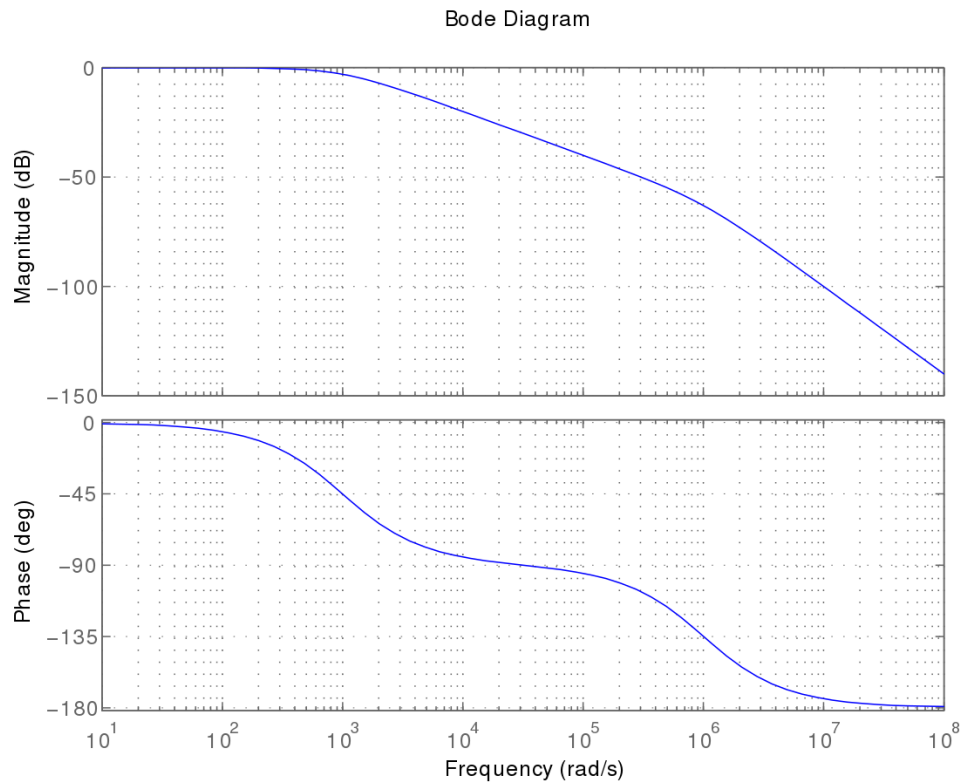
0,5P

- f) Ein elektronischer Schaltkreis wird mit einem periodischen Signal mit einer Winkelfrequenz von

$$\omega = 1,2 \cdot 10^5 \text{ rad/s}$$

und einer Amplitude von 5V angeregt. Im Folgenden ist das Bode-Diagramm des Schaltkreises angegeben.

- Geben Sie die ungefähre Höhe der Amplitude des Ausgangssignals in V an! Geben Sie kurz an, wie Sie auf das Ergebnis gekommen sind! (Stichwortartig oder durch Einzeichnen im Diagramm)
- Um wieviel Grad Phasenversatz ist das Ausgangssignal gegenüber dem Eingangssignal verzögert?



Hilfstabelle zum Umrechnen zwischen dB und Verstärkungsfaktor

0dB	-25dB	-50dB	-75dB	-100dB
1	0.05623413251	0.00316227766	0.00017782794	0.00001

Hinweis: Sie dürfen gerundete Werte verwenden!

Aufgabe 3: Regler

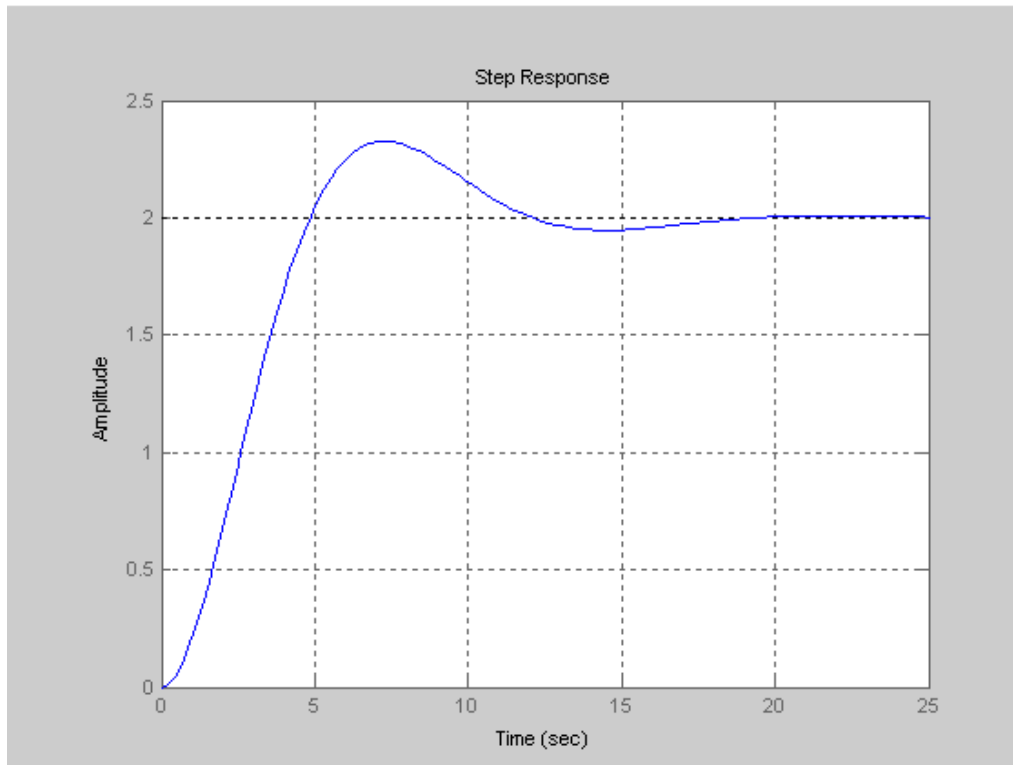
- a) Geben Sie die Laplace-Übertragungsfunktion eines PID-Reglers an und zeichnen Sie ein zugehöriges Blockschaltbild!

2P

- b) Unter welchen Bedingungen ist zur Erreichung stationärer Genauigkeit ein I-Anteil im Regler erforderlich?

0,5P

- i) Sie haben verschiedene Verfahren zur Auslegung der Reglerparameter kennengelernt, unter anderem das Verfahren nach Ziegler und Nichols. Beschreiben Sie die Vorgehensweise bei diesem Verfahren kurz. Veranschaulichen Sie die Bestimmung der erforderlichen Werte T_u und T_g durch Einzeichnen in der unten gezeigten Sprungantwort! *Hinweis: Das Einzeichnen der Tangente kann ungefähr erfolgen. Es ist keine Präzise Zeichnung erforderlich, man sollte aber das Grundprinzip erkennen.*



- c) Sie betreiben einen PID-Regler, der stark verrauschte Sensordaten erhält. Hierbei kommt es immer wieder zu unerwünschten Effekten, bei denen das Rauschen auf die Stellgröße und damit letztendlich auch auf die Regelgröße durchschlägt. Welcher Anteil des PID-Reglers könnte dafür verantwortlich sein? Begründen Sie Ihre Vermutung!

Aufgabe 4: Stabilität und weitere Systemeigenschaften

a) Sind folgende Aussagen richtig oder falsch? Kreuzen Sie an!

Ist ein System BIBO-stabil, dann antwortet es auf eine beschränkte Eingangsgröße immer mit einer unbeschränkten Stellgröße.		
Ist ein System BIBO-stabil, dann muss es sich um ein LTI-System handeln.		
Ist ein LTI-System BIBO-stabil, dann ist es auch asymptotisch stabil.		
BIBO-Stabilität kann nicht mit dem Hurwitz-Kriterium geprüft werden.		
BIBO-Stabilität kann mit dem Hurwitz-Kriterium geprüft werden, allerdings nur bis zu einer Systemordnung von zwei.		
Das Nyquist-Kriterium wird auf die Ortskurve des offenen Regelkreises angewendet, liefert jedoch eine Aussage über die Stabilität des geschlossenen Regelkreises		

Hinweis zur Bewertung: Richtige Aussagen geben +0,5P, falsche Aussagen -0,5P (damit soll zufälliges Raten der Antworten erschwert werden). Es können jedoch keine Minuspunkte aus dieser Aufgabe in andere Aufgaben mitgenommen werden!

3P

b) Sie berechnen die Pole einer Übertragungsfunktion und erhalten folgende Polkonfiguration:

$$s_1 = -0,335 + 1.2j$$

$$s_2 = -0.335 - 1.2j$$

Welche zwei Aussagen können Sie anhand dieser Polkonfiguration über das System treffen? Begründen Sie!

1P

c) Was muss für die den Phasengang im Bode-Diagramm gelten, damit Stabilität vorliegt?

1P

d) Ein System G sei durch folgende Übertragungsfunktion beschrieben:

$$G(z) = \frac{z + 1}{z^2 + 2z + 5}$$

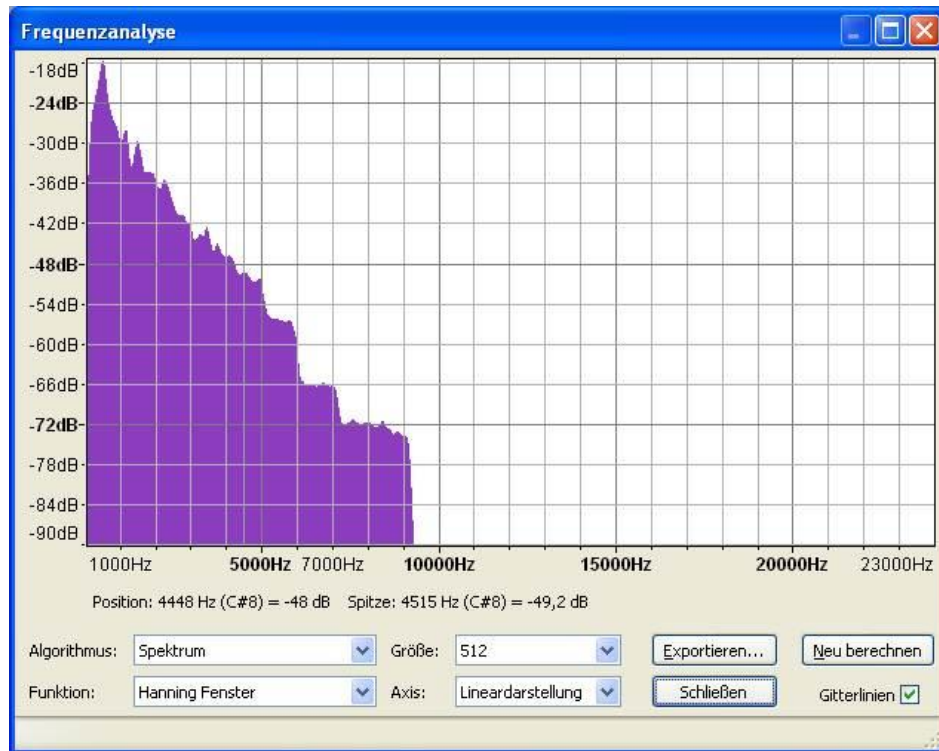
Prüfen Sie die Stabilität des Systems! Geben Sie Rechenweg und Begründung für Ihre Stabilitätsaussage an!

Aufgabe 5: Verschiedenes

- a) Im letzten Vorlesungskapitel haben Sie das Prinzip der Vorsteuerung kennengelernt.
 - a. Skizzieren Sie eine Regelung mit Vorsteuerung
 - b. Erklären Sie kurz das Funktionsprinzip der Vorsteuerung (2-3 Sätze)!
 - c. Warum beschränkt man sich in der Praxis oft nur auf eine *stationäre* Vorsteuerung?

2,5P

- b) Folgende Darstellung zeigt das Frequenzspektrum eines Signals, welches digital abgetastet werden soll. Geben Sie die Abtastfrequenz f_{min} an, mit der das Signal mindestens abgetastet werden muss, damit es nach der Abtastung wieder fehlerfrei rekonstruiert werden kann!
Hinweis: Sie dürfen auf 1kHz runden.



- c) Gegeben sei ein System mit einer Ausgangsgröße y und zwei Eingangsgrößen u_1, u_2 . Das System sei durch folgende DGL beschrieben:

$$\ddot{y} = \dot{y} - 2y + u_1 + 3u_2$$

Wandeln Sie die DGL in die Form

$$\underline{\dot{x}} = \underline{A} \cdot \underline{x} + \underline{B} \cdot \underline{u}$$

um und geben Sie die Matrizen \underline{A} und \underline{B} an!

Bonusaufgabe

Hinweis: Die Bonusaufgabe muss nicht bearbeitet werden und ist für das Erreichen der Höchstpunktzahl auch nicht erforderlich.

Sie können bei der Bearbeitung jedoch bis zu drei Bonuspunkte erhalten, um ggf. an anderer Stelle verlorene Punkte wieder auszugleichen!

Aussage 1: Das Stabilitätskriterium für Systempole s_i im zeitkontinuierlichen Fall lautet:

$$\operatorname{Re}\{s_i\} < 0$$

Aussage 2: Die Definition der z-Variable für zeitdiskrete Systeme mit Abtastzeit T lautet:

$$z = e^{sT}$$

Aussage 3: Die Euler-Identität lautet:

$$e^{jx} = \cos(x) + j \cdot \sin(x)$$

Leiten Sie mithilfe der Aussagen 1-3 her, dass für Pole stabiler Systeme im zeitdiskreten Fall folgendes gelten muss:

$$|z| < 1$$