
90 Minuten

Seite 1

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)

Falls Klausurunterlagen vorzeitig abgegeben: _____ Uhr

Bewertungstabelle

Aufgabe 1	
Aufgabe 2	
Gesamtpunktzahl	88
Angepasste Punktzahl	
%	
Bewertung gem. PO in Ziffern	

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

(Datum und Unterschrift 2. Prüfer, Dr.-Ing. Yan Liu)

iv

(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: _____

v

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:	70
Mindestprozentzahl für die Note 1,0:	95%
Mindestprozentzahl für die Note 4,0:	50%

Allgemeine Hinweise:

- 1) Für die Multiple-Choice und multiple-choice-ähnlichen Fragen gilt:
 - i) Korrekte Teilantworten werden mit der vorgesehenen Teipunktzahl bewertet.
 - ii) Nichtkorrekte Teilantworten 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 (40 Punkte)1a) ($2 \times 5 \times 1$ Punkt, 10 Punkte)

Welche der folgenden Aussagen sind wahr und welche sind falsch?

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
A1)	Bei den in der linearen Regelungstechnik betrachteten SISO-Systemen handelt es sich um Systeme mit linearem Übertragungsverhalten. Eine typische Ein-/Ausgangsbeschreibung lautet beispielsweise $y^{(n)} + a_{n-1}y^{(n-1)} + \dots + a_1y + a_0 = K[u(t) + \frac{1}{T} \int u dt + T_D \dot{u}],$ mit $\dim y^{(i)} = [n, 1]$.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A2)	Eine Regelung ist auf Grund des geschlossenen Wirkablaufes in der Lage, den Einfluss von ausgangsseitigen Störgrößen zu beeinflussen. (Hinweis: Die ausgangsseitige Störung wirkt ebenfalls auf die Messung.)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
A3)	Eine Steuerung kann ohne Aktorik, eine Regelung muss mit Aktorik realisiert werden.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A4)	Ein einfacher Linearitätstest beinhaltet eine Veränderung der Eingangsgröße eines Systems. Für ein lineares Systemverhalten gilt, dass auch der Ausgang des Systems sich verändert.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A5)	Am Eingang eines Systems liegt die Eingangsgröße $u(t) = a \sin(\omega_o t)$ an. Auf der Ausgangsseite wird gemessen $y(t) = b(\sin(\omega_o t + \pi))$. Bei einer Änderung auf $u_2(t) = a^2 \sin(\omega_o t)$ wird ausgangsseitig $y_2(t) = ab(\sin(\omega_o t + \frac{\pi}{2}))$ ermittelt. Das System ist linear.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

|

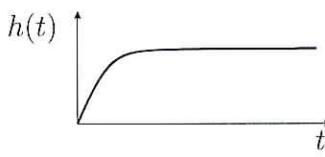
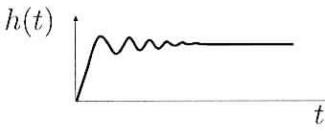
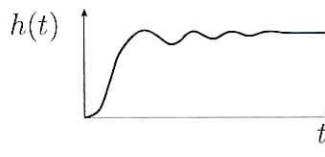
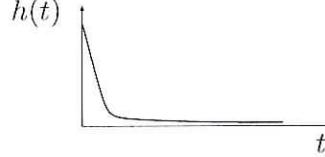
B1)	Übertragungselemente zweiter Ordnung, hier beschrieben durch $\frac{1}{\omega_0^2} \ddot{y} + \frac{2D}{\omega_0} \dot{y} + y = K[u + \frac{1}{T_I} \int u dt + T_D \dot{u}],$ weisen für $D = 1$ einen doppelten realen Eigenwert auf.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
B2)	Für Werte $D > 1$ der in 1a)B1 beschriebenen E/A-Beziehung zeigt sich im Zeitverhalten kein sichtbares Schwingungsverhalten.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
B3)	Für Werte $D > 1$ weist das in 1a)B1 beschriebene System zwei unterschiedliche Eigenwerte ohne Imaginärteile auf.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
B4)	Für Werte $D > -\frac{\sqrt{2}}{2}$ kann das in 1a)B1 beschriebene System instabiles Verhalten aufweisen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

Seite 5

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
B5)	<p>Ein System beschrieben durch</p> $\frac{1}{\omega_0^2} \ddot{y} + y = KT_D \dot{u}$ <p>zeigt für $u(t) = \delta(t)$ das Verhalten $y(t) = g(t) = \sin(\omega_o t + \varphi)$ auf.</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

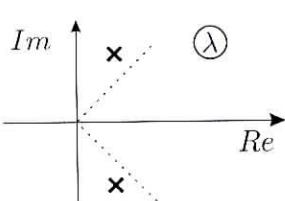
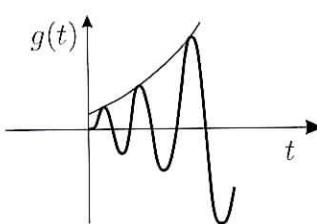
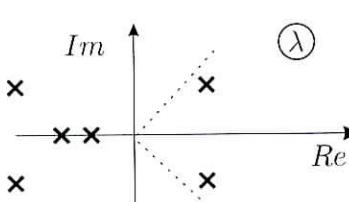
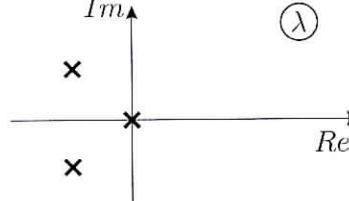
|

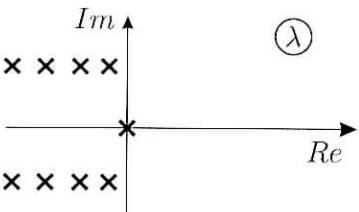
1b) (4 × 0.5 Punkte, 2 Punkte)

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
	Nachstehende Übergangsfunktionen weisen auf lineare Systeme der Ordnung 1 hin.		
1)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
2)		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3)		<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4)		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

|

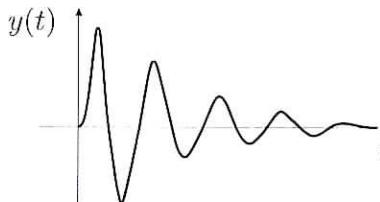
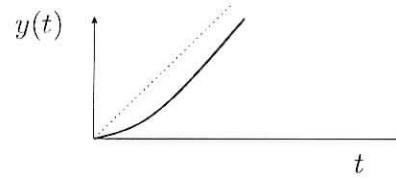
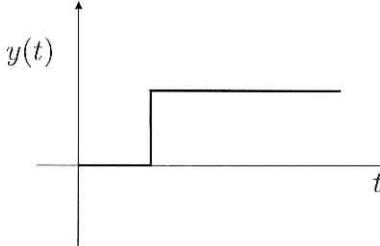
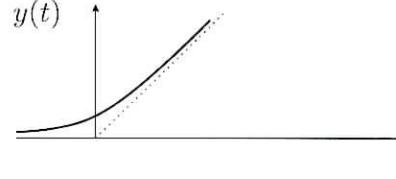
1c) (6 × 0.5 Punkte, 3 Punkte)

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
	Ein System mit der Eigenwertlage 		
1)	kann folgendes Verhalten aufweisen. 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
2)	Das SISO-System mit der EW-Verteilung 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
	weist 2 konjugiert komplexe Eigenwertpaare auf.		
3)	Das System mit der EW-Verteilung 	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
	ist grenzstabil.		

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
4)	<p>Das System mit der EW-Verteilung</p>  <p>ist asymptotisch stabil.</p>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5)	Die Übergangsfunktion linearer Systeme lässt sich praktisch aus einer gemessenen Gewichtsfunktion bestimmen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
6)	MIMO-Systeme sind immer stabil.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



1d) (4 × 0.5 Punkte, 2 Punkte)

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
	Abhängig von den Parametern K, T_I und T_t kann das Übertragungssystem beschrieben durch $y = K[u(t - T_t) + \frac{1}{T_I} \int u(t - T_t) dt]$ mit K, T_I und $T_t > 0$ folgendes Ausgangsverhalten aufweisen.		
1)		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
2)		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
3)		<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
4)		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>



1e) (4 × 1 Punkt, 4 Punkte)

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
1)	Das Übertragungsverhalten eines Übertragungselements sei $P\ddot{y} + D\dot{y} + T_3\dot{y} = u(t)$. Es handelt sich um ein PDT ₃ -System.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2)	Die Differenzialgleichung $a_1x_a(t) + a_2 \int x_a(t)dt = b_1 \int \int x_e(t)dtdt + b_2 \int x_e(t)dt$ mit $x_a(t = 0) = 0, x_e(t = 0) = 0$ beschreibe das dynamische Verhalten eines betrachteten Systems mit der Ausgangsgröße $x_a(t)$ und der Eingangsgröße $x_e(t)$. Es handelt sich um ein PIT ₁ -System.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
3)	Betrachtet werde das durch $\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ a & b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$ beschriebene Eingrößensystem. Es handelt sich um ein PT ₂ -System.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
4)	Als Rückführung des Systems aus 1e)3) werde ein Regler $u = -Kx_1$ verwendet. Ist mit $K > 4$ bei $a = 4, b = -3$ das geregelte Systemverhalten asymptotisch stabil?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

|

1f) (3 × 5 × 1 Punkt, 15 Punkte)

In der nachstehenden Abbildung 1.1 sind die Eigenwerte des E/A-Verhaltens von vier verschiedenen linearen Systemen ohne Totzeit grafisch dargestellt. In Abbildung 1.2 werden die gemessenen Übergangsfunktionen $h(t)$ der Systeme wiedergegeben. Beurteilen Sie die Aussagen in den nachstehenden Tabellen.

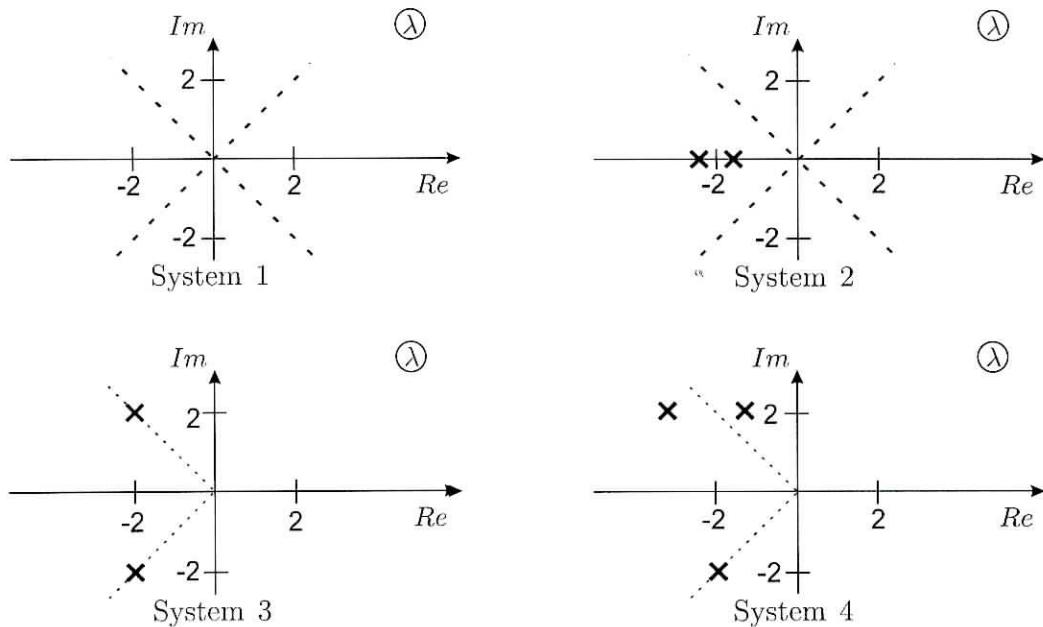


Abbildung 1.1: Eigenwertverteilungen von vier verschiedenen Systemen

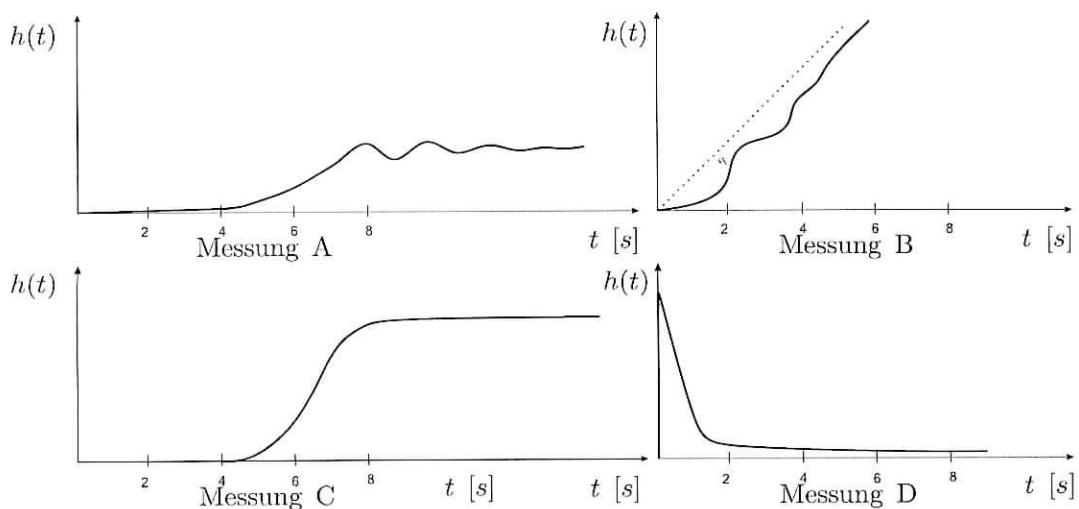


Abbildung 1.2: Übergangsfunktionen

Seite 11

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
A1)	Die Messung B weist ein Dämpfungsverhalten mit $D > 1$ auf.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A2)	Die Messung A weist ein Totzeitverhalten auf.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A3)	Die Messung C weist ein Totzeitverhalten auf.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
A4)	Die Messung D zeigt, dass das zugrundeliegende System keinerlei Dynamik (im Sinne von Verzögerungen, Trägheiten) besitzt.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
A5)	Die Messung B könnte einem Verhalten eines $PIT_2 T_t$ -Systems mit $T_t > 0$ entsprechen.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

|

B1)	Das System 1 lässt sich durch die Gleichung $y = Ku$ beschreiben.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
B2)	Das System 4 lässt sich nicht mit einer technisch sinnvollen Gleichung beschreiben.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
B3)	Das System 3 entspricht einem System mit einem Dämpfungsgrad von $D < 1$.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
B4)	Die Systeme 2 und 3 weisen eindeutig einen identischen Dämpfungsgrad auf.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
B5)	Das System 1 ist stabil im Sinne von Ljapunov.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

|

C1)	Die Messung D und das System 4 entsprechen einander.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
C2)	Die Messung B und das System 3 entsprechen einander.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
C3)	Die Messung A und das System 3 entsprechen einander.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
C4)	Wird dem System 2 ein Totzeitsystem vorweggeschaltet, lässt sich Messung C erzielen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
C5)	Wird dem System 2 ein Totzeitsystem nachgeschaltet, lässt sich Messung C erzielen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

|

1g) (4 Punkte)

Gegeben ist nachfolgendes Übergangsverhalten:

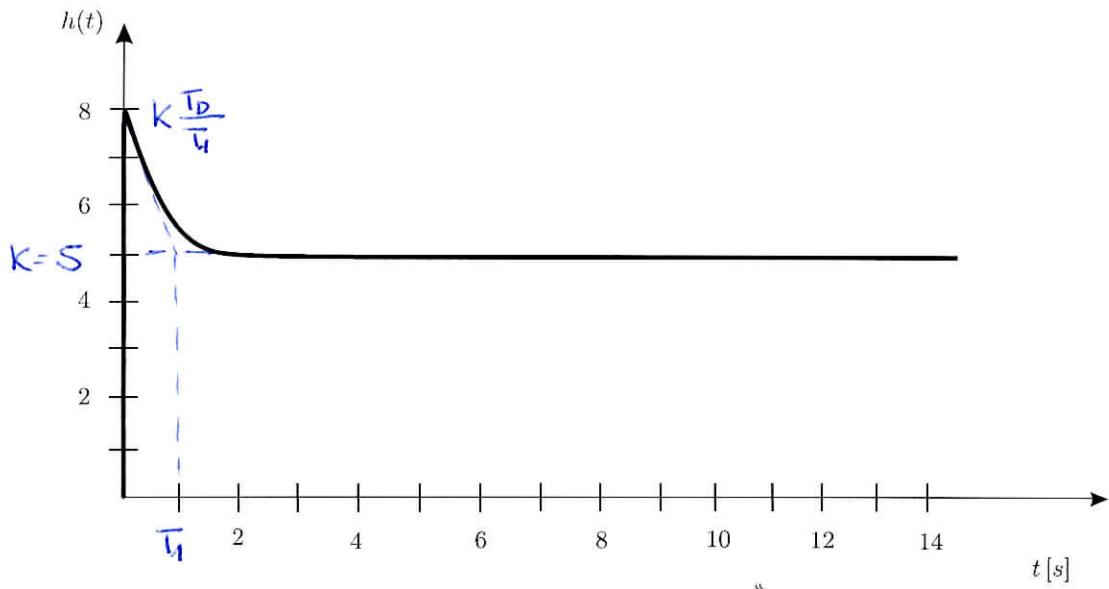


Abbildung 1.3: Übergangsverhalten

- Geben Sie die das Systemverhalten beschreibende Gleichung an.
- Klassifizieren Sie das Verhalten.

$$T_1 \ddot{y} + y = K[u + T_D \dot{u}]$$

$$K = 5$$

$$T_1 = 1$$

$$K \frac{T_D}{T_1} = 8 \Rightarrow T_D = 8 \frac{T_1}{K} = 8 \cdot \frac{1}{5} = \frac{8}{5}$$

$$\Rightarrow \ddot{y} + y = 5 \left[u + \frac{8}{5} \dot{u} \right]$$

PDT₁

□

$\sum \square$

Aufgabe 2 (30 Punkte)

2a) (3 × 1 Punkt, 3 Punkte)

Welche der folgenden Aussagen sind wahr und welche sind falsch?

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
1)	<p>Mit der Beschreibung des Zustandsverhaltens</p> $x(t) = \phi(t)x_0(t=0) + \int_{t=0}^t \phi(t-\tau)bu(\tau)d\tau,$ <p>lässt sich exakt das Zeitverhalten $y(t)$ des Ausgangs $y(t) = Cx(t)$ bei bekanntem C bestimmen.</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
2)	<p>Das System beschrieben durch</p> $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -k & -d \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad C = [0 \ 1] \quad \text{und} \quad D = 0$ <p>ist identisch zur E/A-Beschreibung</p> $\ddot{y} + d\dot{y} + ky = u,$ <p>wobei \dot{y} gemessen wird.</p>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
3)	<p>Ein System mit</p> <p>lässt sich als PT₂-Verhalten klassifizieren.</p>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

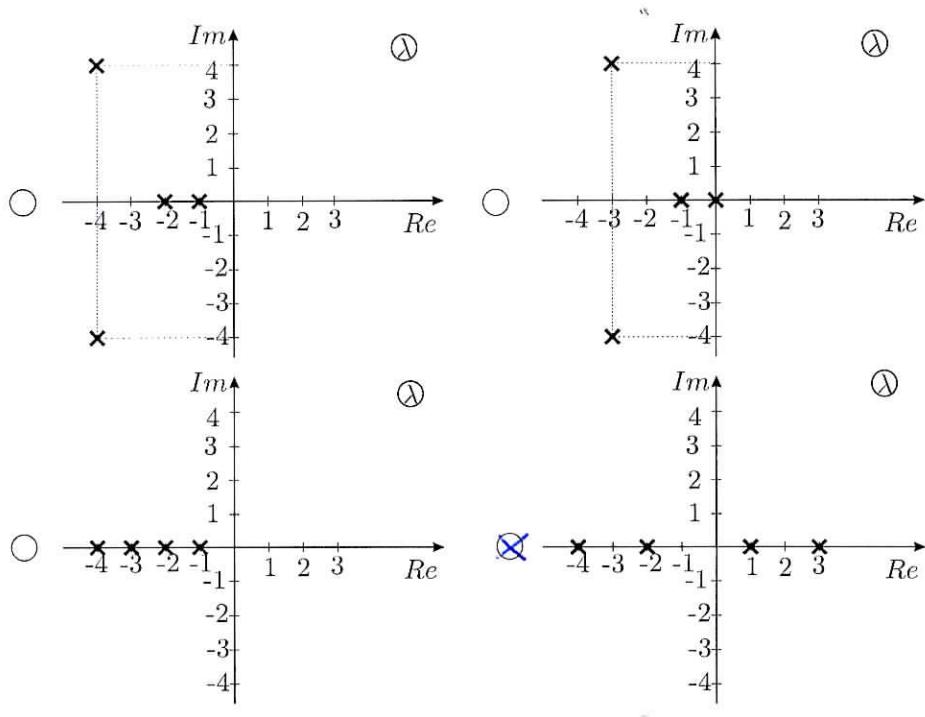


2b) (2 Punkte)

Das E/A-Übertragungsverhalten

$$\ddot{y} + 2\dot{y} - 13y - 14\dot{y} + 24y = u$$

weist folgende Eigenwertverteilung auf.



Weist das System Schwingungen auf? Begründen Sie Ihre Antwort.

Keine Schwingungen, da $\text{Re}\lambda \geq 1$ bzw $\text{Re}\lambda \leq -1$
 EW liegen auf reeller Achse



2c) (5 × 1 Punkt, 5 Punkte)

Die Messung des Übergangsverhaltens eines neuartigen aktorischen Antriebselementes ist in nachstehender Darstellung wiedergegeben.

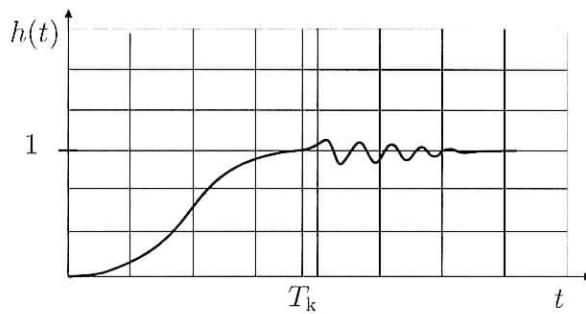


Abbildung 2.1: Übergangsverhalten

Was kann aus der Darstellung entnommen werden bzw. liegt dieser zu Grunde?

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
1)	Es handelt sich zweifelsfrei um ein nichtlineares System.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
2)	Es handelt sich um ein stabiles Systemverhalten (BIBO = Bounded-Input Bounded-Output).	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
3)	Bis zum Zeitpunkt $t = T_k$ lässt sich das Verhalten als PT ₂ -Systemverhalten klassifizieren.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
4)	Es liegt ein Totzeitverhalten bei der Systemantwort vor.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5)	Aus gemessenen Übergangsverhalten lässt sich in der Praxis leicht die Linearität des Verhaltens ableiten.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>

|

2d) (7 Punkte)

Eine Erfinderin legt das Blockschaltbild eines neuartigen Reglers bestehend aus vier Übertragungselementen mit y als Eingang und u als Ausgang (siehe Abbildung 2.2) vor.

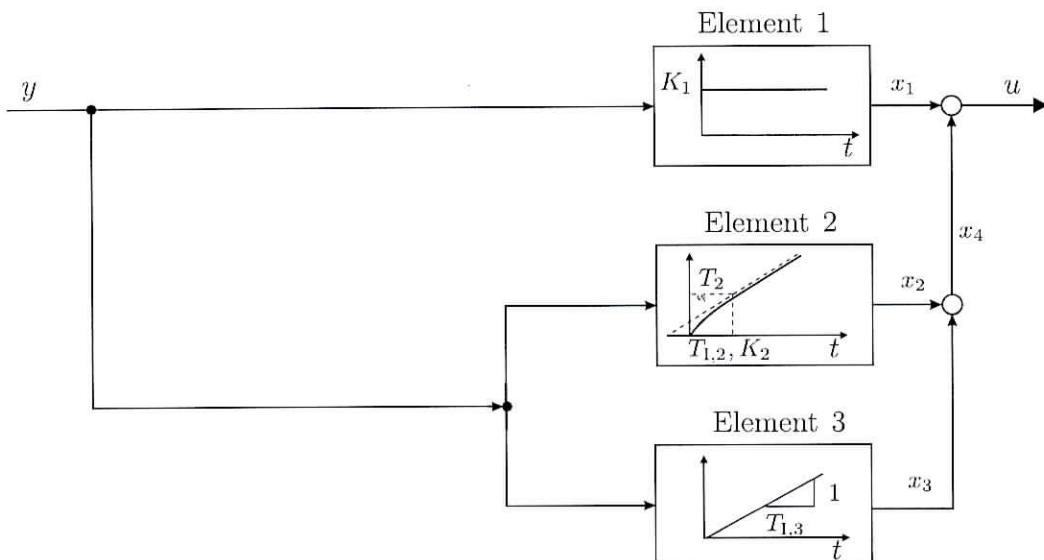


Abbildung 2.2: Blockschaltbild eines neuartigen Reglers

i) (5 Punkte)

Geben Sie für die Elemente 1 bis 3 den jeweiligen Typ des Einzelübertragungsverhaltens und die zugehörige beschreibende Gleichung in den angegebenen Variablennamen an. Bestimmen Sie das Gesamtübertragungsverhalten $y \rightarrow u$. Falls eine Klassifizierung möglich ist: Um welchen Typ des $PIDT_nT_t$ -Verhaltens handelt es sich? Handelt es sich um einen neuartigen Regler?

Element 1: P

$$x_1 = k_1 y$$

Element 2: PI T_1

$$T_2 \dot{x}_2 + x_2 = k_2 [y + \frac{1}{T_{1,2}} \int y dt]$$

Element 3: I

$$x_3 = \frac{1}{T_{1,3}} \int y dt$$

Gesamtübertragungsverhalten $y \rightarrow u$

$$\bar{T}_2 \ddot{u} + u = \bar{T}_2 k_1 \dot{y} + \left(\frac{\bar{T}_2}{\bar{T}_{I,3}} + k_1 + k_2 \right) y + \left(\frac{k_2}{\bar{T}_{I,2}} + \frac{1}{\bar{T}_{I,3}} \right) \int y dt$$

$\rightarrow PID\bar{T}_1$

Es handelt sich nicht um einen neuartigen Regler.



ii) (2 Punkte)

Das in Abbildung 2.2 beschriebene System weist hinsichtlich seines Verhaltens $y \rightarrow u$ ein spezifisches Verhalten auf. Angenommen T_2 sei Null.

Angenommen Sie möchten die Dynamik des Reglers hinsichtlich des Ansprechverhaltens (also die Antwort für kleine Werte t) verbessern. Welche Ergänzung des Reglers schlagen Sie im Sinne eines parallel und/oder seriell geschalteten Übertragungselementes vor?

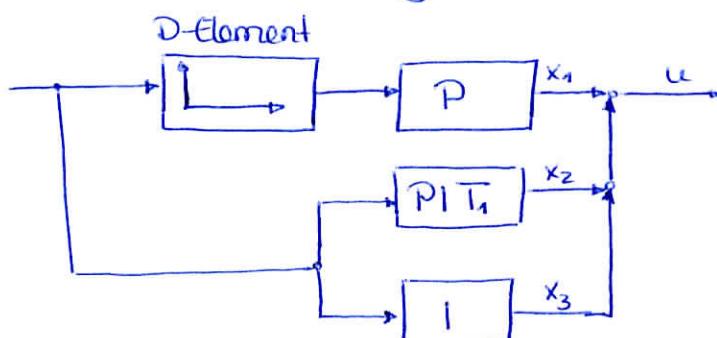
Zeichnen Sie das entsprechend ergänzte Blockschaltbild für das neue Übertragungselement.

$$T_2 = 0$$

$$u = (K_1 + K_2)y + \left(\frac{K_2}{T_{1,2}} + \frac{1}{T_{1,3}} \right) \int y \, dt$$

→ PI - Verhalten

Seriell vorgeschaltetes D-Element
zur Realisierung einer schnellen Reaktion



2e) (3 Punkte)

Bei einer Messung eines Regelkreises wurden am Stabilitätsrand Messwerte entsprechend Abbildung 2.3 aufgenommen. Die Verstärkung des Reglers betrug hierbei $K = 1,2$.

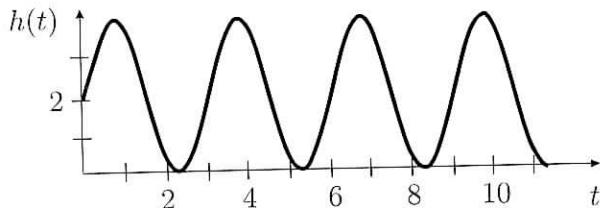


Abbildung 2.3: Aufgenommene Messwerte

Geben Sie die Parameter K , T_I und T_D eines PID-Reglers an, der ähnlich der ITAE-Optimierung eingestellt ist.

$$K_{\text{krit}} = k = 1,2$$

PID - Regler

$$T_{\text{krit}} = 3$$

Auslegung nach Ziegler-Nichols:

$$K = 0,6 \cdot K_{\text{krit}} = 0,72$$

$$T_I = 0,5 \cdot T_{\text{krit}} = 1,5$$

$$T_D = 0,12 \cdot T_{\text{krit}} = 0,36$$



2f) (9 × 1 Punkt, 9 Punkte)

Gegeben ist das Blockschaltbild eines Systems von Übertragungselementen (siehe Abb. 2.4).

Beantworten Sie die folgenden Fragen bezogen auf das genannte System:

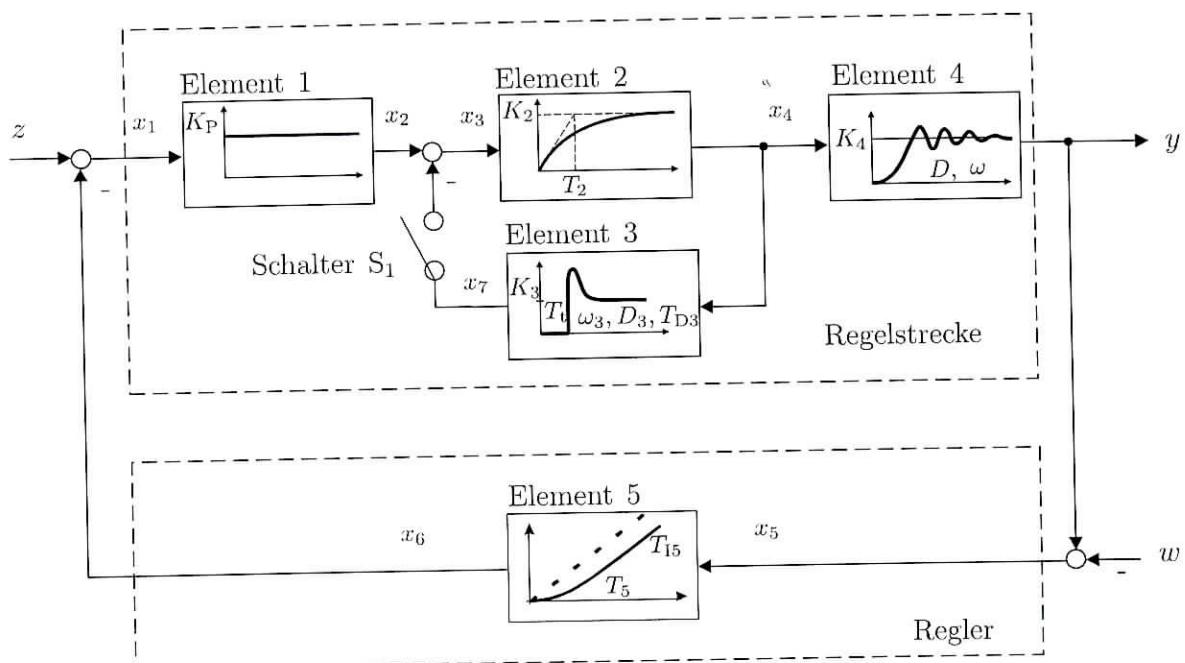


Abbildung 2.4: Blockschaltbild

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
1)	Beim Element 5 handelt es sich um ein System mit proportionalem Verhalten.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2)	Beim Element 3 handelt es sich um ein PDT ₂ T _t -System.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
3)	Das Systemverhalten von x_2 zu x_4 enthält bei geschlossenem Schalter S ₁ keine Totzeit.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4)	Angenommen der Schalter S ₁ sei geöffnet: Im stationären Zustand beträgt die Verstärkung des Übertragungsverhaltens von x_1 nach y $\tilde{K} = K_P \cdot K_2 \cdot K_4$.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
5)	Das Element 5 weist für $t \rightarrow \infty$ ein Verhalten $x_6 \rightarrow \infty$ auf.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
6)	Abhängig von den Parametern (K_2, T_2) kann das Element 2 ein instabiles Verhalten aufweisen ($(K_2, T_2 > 0)$).	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7)	Angenommen, das Systemverhalten $x_1 \rightarrow y$ lässt sich durch ein proportionales Verhalten beschreiben: Die gegebene Wahl des Elementes 5 ist geeignet zur stationär genauen Regelung des Systems.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>
8)	Das Element 4 weist auf Grund seines Übergangsverhaltens ein nicht der linearen Theorie entsprechendes Verhalten auf.	<input type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9)	Für die Einstellung des Reglers (Element 5) lässt sich die Vorgehensweise nach Ziegler-Nichols anwenden.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="radio"/>



2g) (1 Punkt)

Für eine präzise und sichere Landung von Flugzeugen können die Piloten durch Assistenzsysteme unterstützt werden. Das in Abbildung 2.5 dargestellte System hilft durch die Einblendung eines sogenannten „Tunnel in the sky“ in das Sichtfeld der Pilotin, die ideale Anfluglinie zu treffen. Die optimale (und vorgeschriebene) manuell durchgeführte Landung kann erzielt werden, wenn sich das Flugzeug während des Endanflugs auf den Flughafen innerhalb dieses dargestellten Tunnels befindet.

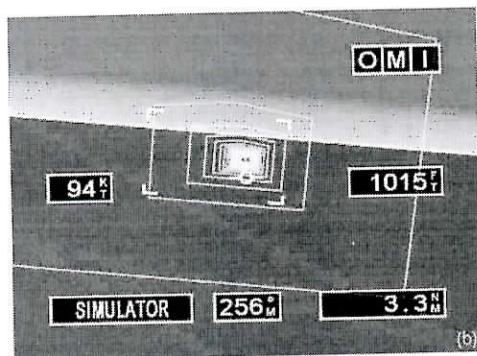
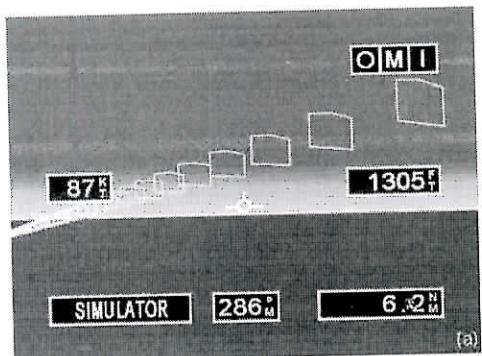


Abbildung 2.5: Oben: Flugzeug kurz vor dem Endanflug, Unten: Flugzeug beim Endanflug im sogenannten Tunnel (Quelle: Operational Experience with and Improvements to a Tunnel-in-the-Sky Display for Light Aircraft (Barrows, Alter, Enge, Parkinson and Powell), Department of Aeronautics and Astronautics Stanford University (1997))

Nr.	Aufgabe/Frage/Bewertung	Richtig	Falsch
1)	Es handelt sich bei dem in Abbildung 2.5 dargestellten Mensch-Maschine-System um einen Regelkreis.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\sum