

TU WIEN

AUTOMATISIERUNG

VU-376.000

---

# Prüfungen

## Mündlich

### Angaben

---

Wir können die Unterlagen von denen wir gelernt haben nicht ändern,  
aber wir können der Nachwelt bessere hinterlassen.

*Lizenz:*

GNU GPLv3

1. April 2017

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Systeme und Systemmodelle</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Systemeigenschaften</b>	<b>6</b>
	Nichtlineares System 1. . . . .	6
	Eigenwerte einer Dynamikmatrix 2. . . . .	7
	Transitionsmatrix 3. . . . .	8
	Betragsfrequenzgang 4. . . . .	9
	Anfangszustand 5. . . . .	10
	Linearisierung um eine Trajektorie 6. . . . .	11
<b>3</b>	<b>Lineare dynamische Systeme</b>	<b>12</b>
	Anfangszustand 7. . . . .	12
	Transformationsinvarianz 8. . . . .	13
	BIBO-Stabilität 9. . . . .	14
	Realisierbarkeit, Sprungfähigkeit 10. . . . .	15
	Lead und Lag-Glied 11. . . . .	16
	Übertragungsfunktion 12. . . . .	17
	Bodediagramm 13. . . . .	18
	Totzeitglied 14. . . . .	19
	PT2-Glied 15. . . . .	20
<b>4</b>	<b>Der Regelkreis</b>	<b>21</b>
	Anforderungen 16. . . . .	21
	Stabilisierung 17. . . . .	22
	Störgröße 18. . . . .	23
	Interne Stabilität 19. . . . .	24
	Störgrößenaufschaltung 20. . . . .	25
	Satz von Michailov 21. . . . .	26
	Standardregelkreis 22. . . . .	27
	Übertragungsfunktion 23. . . . .	28
	Steuerung 24. . . . .	29
	Kaskadenregelung 25. . . . .	30
	Störübertragungsfunktion 26. . . . .	31

Regelabweichung eines geschlossenen Kreises 27. . . . .	32
Standard Regelkreis 28. . . . .	33
Regelabweichung 29. . . . .	34
<b>5 Das Frequenzkennlinienverfahren</b>	<b>35</b>
Stabilitätskriterium 30. . . . .	35
Regler 31. . . . .	36
<b>6 Der Digitale Regelkreis</b>	<b>37</b>
Digitaler Regelkreis 32. . . . .	37
Nichtlineares System im zeitdiskreten 33. . . . .	38
Abtastzeit 34. . . . .	39
Diskreten Frequenzgang 35. . . . .	40
Zeitdiskreten Frequenzgang 36. . . . .	41
Gauß'sche Ebenen 37. . . . .	42
PI-Regler im q-Bereich 38. . . . .	43
Transistionsmatrix 39. . . . .	44
Realisierungsproblem 40. . . . .	45
Eingeschwungene Lösung 1 41. . . . .	46
Eingeschwungene Lösung 2 42. . . . .	47
Tustin Transformation 43. . . . .	48
Ruhelage 44. . . . .	49
Abtaster 45. . . . .	50
<b>7 Erreichbarkeit/Beobachtbarkeit</b>	<b>51</b>
LTI-System 46. . . . .	51
Markov 47. . . . .	52
Prüfmethoden für Beobachtbarkeit 48. . . . .	53
Hankelmatrix 49. . . . .	54
Beziehung der Hankelmatrix 50. . . . .	55
Impulsantwort 51. . . . .	56
Matrix 52. . . . .	57
<b>8 Zustandsregler/Zustandsbeobachter</b>	<b>58</b>
Zustandsregler 53. . . . .	58

Pol/Nullstellen-Diagramm 54. . . . .	59
Luenberger Beobachter 55. . . . .	60
Deat Beat Regler 56. . . . .	61
PI-Zustandsregler 1 57. . . . .	62
PI-Zustandsregler 2 58. . . . .	63
Luenberger Beobachter 1 59. . . . .	64
Luenberger Beobachter 2 60. . . . .	65
Luenberger Beobachter 3 61. . . . .	66
Separationsprinzip 62. . . . .	67
Zustandsregler 63. . . . .	68

Werter Student!

Diese Unterlagen werden dir **kostenlos** zur Verfügung gestellt, damit sie dir im Studium behilflich sind. Sie wurden von vielen Studierenden zusammengetragen, digitalisiert und aufgearbeitet. Ohne der Arbeit der Studierenden wären diese Unterlagen nicht entstanden und du müsstest dir jetzt alles selber zusammensuchen und von schlecht eingescannten oder abfotografierten Seiten lernen. Zu den Beispielen gibt es verschiedene Lösungen, welche du dir auch erst mühsamst raussuchen und überprüfen müsstest. Die Zeit die du in deine Suche und Recherche investierst wäre für nachfolgende Studenten verloren. Diese Unterlagen leben von der Gemeinschaft die sie betreuen. Hilf auch du mit und erweitere diese Unterlagen mit deinem Wissen, damit sie auch von nachfolgenden Studierenden genutzt werden können. Geh dazu bitte auf <https://github.com/Painkilla/VU-376.000-Automatisierung/issues> und schau dir in der TODO Liste an was du beitragen möchtest. Selbst das Ausbessern von Tippfehlern oder Rechtschreibung ist ein wertvoller Beitrag für das Projekt. Nütze auch die Möglichkeit zur Einsichtnahme von Prüfungen zu gehen und die Angaben Anderen zur Verfügung zu stellen, damit die Qualität der Unterlagen stetig besser wird.  $\text{\LaTeX}$  und Git sind nicht schwer zu lernen und haben auch einen Mehrwert für das Studium und das spätere Berufsleben. Sämtliche Seminar oder Bachelorarbeiten sind mit  $\text{\LaTeX}$  zu schreiben. Git ist ideal um gemeinsam an einem Projekt zu arbeiten und es voran zu bringen. Als Student kann man auf GitHub übrigens kostenlos unbegrenzt private Projekte hosten.

Mit dem Befehl:

```
$ git clone --recursive https://github.com/Painkilla/VU-376.000-Automatisierung.
```

erstellst du eine lokale Kopie des Repositoriums. Du kannst dann die Dateien mit einem  $\text{\LaTeX}$ -Editor deiner Wahl bearbeiten und dir das Ergebnis ansehen. Bist du auf GitHub registriert, kannst du einen Fork (englisch für Ableger) erstellen und mit den Befehlen:

```
$ git commit -m "Dein Kommentar zu den Änderungen"
```

```
$ git push
```

werden deine Ergänzungen auf deinen Ableger am Server gesendet. Damit deine Ergänzungen auch in das zentrale Repository gelangen und allen

Studierenden zur Verfügung stehen, musst du nur noch einen Pull-Request erstellen.

# 1 Systeme und Systemmodelle

## 2 Systemeigenschaften

### Nichtlineares System 1.

Ein nichtlineares System der Form  $\dot{\vec{x}} = f(\vec{x}, \vec{u}, t)$ ,  $y = h(\vec{x}, \vec{u}, t)$  sei gegeben.

Linearisieren Sie dieses um eine allgemeine Ruhelage.

**Hinweis:**

**Eigenwerte einer Dynamikmatrix 2.**

Von einer Dynamikmatrix sollen die Eigenwerte bestimmt werden. Ist es global asymptotisch stabil, wieso?

**Hinweis:**



### **Transitionsmatrix 3.**

Transitionsmatrix und Eigenschaften

#### **Hinweis:**

Buch Seite 28

**Betragsfrequenzgang 4.**

Betragsfrequenzgang gegeben, wie kann man davon auf  $G(s)$  schließen? Wie kann man von der Betragsüberhöhung auf  $\xi$  schließen?

**Hinweis:**

Buch Seite 77

**Anfangszustand 5.**

Gegeben ist  $\dot{\vec{x}} = \underline{A}\vec{x}$ , ein Eigenwert  $\lambda = 1$  und ein Eigenvektor in  $x_1 - x_2$ -Ebene mit einem Anfangszustand  $\vec{x}_0$  auf dem Vektor. Was kann man über das System aussagen?

**Hinweis:**

Buch Seite 54

**Linearisierung um eine Trajektorie 6.**

Linearisierung um eine Trajektorie, ausgehend von einem nichtlinearen System. Was ist  $\Delta \vec{x}$ ,  $\Delta \vec{u}$ ? Sind die Matrizen  $\underline{A}$  und  $\underline{B}$  zeitvariant oder zeitinvariant?

**Hinweis:**

Satz 2.7

### 3 Lineare dynamische Systeme

#### Anfangszustand 7.

Gegeben ist ein System in folgender Darstellung:  $\dot{\vec{x}} = \underline{A}\vec{x} + \underline{B}\vec{u}$ ,  $y = \underline{C}\vec{x} + \underline{D}\vec{u}$  mit dem Anfangszustand  $\vec{x}_0$ . Geben Sie die allgemeine Lösung an. (im Zeitbereich und im Laplacebereich + Herleitungen)

#### Hinweis:

Satz 2.4

**Transformationsinvarianz 8.**

**Hinweis:**

**BIBO-Stabilität 9.**

Geben Sie eine nicht BIBO-stabile Übertragungsfunktion an! Welche beschränkte Eingangsfunktion würde eine unbeschränkte Ausgangsfunktion hervorrufen?

**Hinweis:**

**Realisierbarkeit, Sprungfähigkeit 10.**

Realisierbarkeit, Sprungfähigkeit

**Hinweis:**



**Lead und Lag-Glied 11.**

Lead und Lag Glied:  $G(s)$  berechnen, Endwert und Anfangswertsatz, Bodediagramm, Sprungantwort zeichnen. Wie würden diese im q-Bereich aussehen?

**Hinweis:**

**Übertragungsfunktion 12.**

Übertragungsfunktion von  $y(t) = u(t - 3)$ ? Anschließend den Betragsfrequenzgang von  $G(s)/s$  zeichnen. Wo schneidet dieser die 0-Linie?

**Hinweis:**

**Bodediagramm 13.**

Bodediagramm zeichnen und erklären wie man drauf kommt für:

1.  $G(s) = \frac{1+s^2}{s(s+10)}$

2.  $G(s) = 10 \cdot \frac{(s-1)}{(s(s+1))}$

3.  $G(s) = 10 \cdot \frac{s(s-1)}{(s^2+1)}$

4.  $G(s) = 10 \cdot \frac{s^2+100}{(s+10)^2}$

5.  $G(s) = 10 \cdot \frac{(s-1)}{(s+1)} \cdot \frac{1}{s}$  (Achtung Normalform!)

**Hinweis:**

**Totzeitglied 14.**

Totzeitglied: Betrag und Phase zeichnen.

**Hinweis:**

**PT2-Glied 15.**

Wie hängt die Dämpfung/Zeitkonstante einer PT2-Strecke mit den Polen im  $s$ -Raum zusammen? (Orte konstanter Dämpfung, Orte konstanter Zeitkonstanten). Es ist hier die Herleitung gefragt, man suche also  $\xi = f(\operatorname{Re}(s), \operatorname{Im}(s))$ ,  $T = f(\operatorname{Re}(s), \operatorname{Im}(s))$ .

**Hinweis:**

## 4 Der Regelkreis

### **Anforderungen 16.**

Welche Anforderungen werden an einen Regelkreis gestellt? Kann ich die immer erreichen? Wenn nein, warum nicht?

**Hinweis:**

**Stabilisierung 17.**

Gegeben ist eine Strecke  $G(s) = 1/(s^2 + 1)$ . Welchen Regler würden Sie zur Stabilisierung wählen? Zeigen Sie die Stabilität der Übertragungsfunktion.

**Hinweis:**

**Störgröße 18.**

Eine Störgröße wirkt vor der Strecke mit  $d(t) = 3 \sin(6t)$ , berechnen Sie die eingeschwungene Lösung!

**Hinweis:**



**Interne Stabilität 19.**

Wann ist ein Regelkreis intern stabil? Welche Vereinfachung gibt es für einschleifige Regelkreise? Was ist das? Welche Bedingungen lassen sich für einen einschleifigen Regelkreis angeben.

**Hinweis:**

**Störgrößenaufschaltung 20.**

Steuerung mit Störgrößenaufschaltung: Übertragungsfunktion berechnen, Regler entwerfen.

**Hinweis:**

**Satz von Michailov 21.**

Satz von Michailov erklären.

**Hinweis:**

**Standardregelkreis 22.**

Betragsgang für  $L(s)$  war gezeichnet. Standardregelkreis:  $T_{u,y} = L/(1 + L)$  einzeichnen.

**Hinweis:**

**Übertragungsfunktion 23.**

Er hat einen Regelkreis mit einem Freiheitsgrad aufgezeichnet, und dazu den Betragsgang von  $L(s)$ . Wie sieht der Betragsgang der Führungsübertragungsfunktion, wie der der Störungsübertragungsfunktion aus?

**Hinweis:**

**Steuerung 24.**

Steuerung und Steuerung mit Störgrößenaufschaltung.

**Hinweis:**

## **Kaskadenregelung 25.**

Kaskadenregelung

**Hinweis:**

**Störübertragungsfunktion 26.**

Störübertragungsfunktion berechnen  $\rightarrow$  eingeschwungener Zustand.

**Hinweis:**



**Regelabweichung eines geschlossenen Kreises 27.**

Wie hängt die Regelabweichung des geschlossenen Kreises mit der Verstärkung  $V$  des offenen Regelkreises zusammen? Was bedeutet hier das Stichwort Dynamik des offenen Kreises? (Durchtrittsfrequenz etc.)

**Hinweis:**

Buch Seite 124

**Standard Regelkreis 28.**

Standard-Regelkreis aufzeichnen und erklären. Beispiel aus der Praxis nennen.

**Hinweis:**

Antriebsregelstrecke Buch Seite 96,98,103

**Regelabweichung 29.**

Im Standard-Regelkreis, wird die Führungsgröße  $r = 0$  und eine sinusförmige Störung  $d(t) = 4 \sin(6t)$  angelegt. Was muss der Regelkreis erfüllen damit die bleibende Regelabweichung  $|e| < 0,3$  ist?

**Hinweis:**

Achtung Regelabweichung ist hier über die Amplituden der Sinusschwingung definiert.

## 5 Das Frequenzkennlinienverfahren

### **Stabilitätskriterium 30.**

Welches Stabilitätskriterium verwenden wir hier implizit? Gilt dies immer?

Was ist wenn nicht?

### **Hinweis:**

Satz 4.6

**Regler 31.**

PI-Regler und Lead-Regler erklären, Bodediagramme zeichnen, wozu brauche ich was?

**Hinweis:**

## 6 Der Digitale Regelkreis

### **Digitaler Regelkreis 32.**

Zeichnen Sie einen digitalen Regelkreis auf und erklären Sie diesen! Welches Halteglied verwenden wir und warum? Wie sieht das Ausgangssignal des Haltegliedes bei gegebener Eingangsfolge aus?

**Hinweis:**

**Nichtlineares System im zeitdiskreten 33.**

Welche Möglichkeit gibt es, um ein nichtlineares System im zeitdiskreten Bereich darzustellen? Muss ich zuerst das nichtlineare System linearisieren und dann abtasten, oder zuerst abtasten und das Differenzengleichungssystem anschließend linearisieren?

**Hinweis:**

**Abtastzeit 34.**

Worauf muss man bei der Wahl der Abtastzeit achten? Welcher Parameter ist wichtig bei der Wahl der Abtastzeit (z.B. beim FKL-Verfahren)? Wie bestimmt man diese?

**Hinweis:**



**Diskreten Frequenzgang 35.**

Was versteht man unter dem diskreten Frequenzgang?

**Hinweis:**

**Zeitdiskreten Frequenzgang 36.**

Welches Problem ergibt sich beim zeitdiskreten Frequenzgang? Wie kann man das lösen?

**Hinweis:**

**Gauß'sche Ebenen 37.**

Gegeben sind 3 Gauß'sche Ebenen für  $s$ ,  $z$  und  $q$ -Bereich. Erklären Sie die Abbildungsvorschriften und Zusammenhang der 3 Bereiche!  $G(s)$  ist gegeben, kann ich von den Nullstellen und Polen etwas über  $G(z)$  aussagen? Warum über die Polstellen?

**Hinweis:**

### **PI-Regler im q-Bereich 38.**

q-Bereich: Übergang von  $\omega$  auf  $\Omega$ . Realisierung eines PI-Reglers im q-Bereich.

**Hinweis:**

**Transistionsmatrix 39.**

Diskretes System: Was ist die Transistionsmatrix, wie wird sie berechnet, wofür braucht man sie?

**Hinweis:**

**Realisierungsproblem 40.**

Realisierungsproblem (diskret)  $\rightarrow$  Frequenzkennlinienverfahren im  $q$ -Bereich erklären.

**Hinweis:**

**Eingeschwungene Lösung 1 41.**

Gegeben ist eine Übertragungsfunktion  $G(z) = \frac{z}{z-1/2}$  sowie eine Eingangsfolge  $(u_k) = (1^k) + 3 \sin(4k)$ . Berechnen Sie die eingeschwungene Lösung.

**Hinweis:**

**Eingeschwungene Lösung 2 42.**

Eingeschwungene Lösung  $(y_k)$  von  $d(t) = 5 \sin(4t)$  (Beispiel Abb. 6.12 mit  $G(s) = 1$ ).

**Hinweis:**



**Tustin Transformation 43.**

Tustin-Transformation: Wie kommt es zum Übergang von  $G(z)$  auf  $G^\#(q)$  und warum macht man das? Gegeben war dann noch eine sinusförmige Abtastfolge. Wie berechnet man die eingeschwungene Lösung im  $q$ -Bereich?

**Hinweis:**

**Ruhelage 44.**

Ruhelage von einem diskreten Abtastsystem berechnen.

**Hinweis:**

**Abtaster 45.**

Am Eingang eines Abtaster liegt  $4 \sin(4t)$  an, was kommt nach dem Abtaster raus?

**Hinweis:**

## 7 Erreichbarkeit/Beobachtbarkeit

### **LTI-System 46.**

Gegeben sei ein LTI System. Eigenwerte aus Matrix herauslesen. Definition der Erreichbarkeit, ist dieses System vollständig erreichbar? Rang des Übertragungssystem wenn vollständig beobachtbar? Welcher Eigenwert ist steuerbar?

**Hinweis:**

**Markov 47.**

Markov Parameter

**Hinweis:**

**Prüfmethoden für Beobachtbarkeit 48.**

Welche Prüfmethoden für Beobachtbarkeit gibt es?

**Hinweis:**

**Hankelmatrix 49.**

Hankelmatrix und Markov-Parameter: Welche physikalische Bedeutung? (zb  
3. Markov Parameter 3. Ableitung der Impulsantwort bei  $t=0$ )

**Hinweis:**

**Beziehung der Hankelmatrix 50.**

Wie hängt Hankelmatrix mit der Erreichbarkeitsmatrix und der Beobachtbarkeitsmatrix zusammen?

**Hinweis:**



**Impulsantwort 51.**

Impulsantwort eines diskreten Systems: Wie kann man daraus auf BIBO-Stabilität schließen? Wo spielen Impulsantworten noch eine Rolle?

**Hinweis:**

Markov-Parameter, Hankelmatrix,...

**Matrix 52.**

Hankelmatrix, Beobachtungsmatrix, Steuerbarkeitsmatrix

**Hinweis:**

## 8 Zustandsregler/Zustandsbeobachter

### **Zustandsregler 53.**

Zustandsregler aufzeichnen, Dynamikmatrix des geschlossenen Kreises herleiten. Was macht ein Zustandsregler? Voraussetzung für Zustandsreglerentwurf? Wie entwirft man ihn?

**Hinweis:**

**Pol/Nullstellen-Diagramm 54.**

Ein Pol/Nullstellen-Diagramm einer Strecke  $G(s)$  mit einem konjugiert komplexen Polpaar mit  $\text{Re} < 0$  ist gegeben. Wo sollen die Eigenwerte der Dynamikmatrix des abgetasteten Gesamtsystems mit Zustandsregler  $\Phi_g = \Phi + \Gamma k^T$  liegen, wenn man die Dämpfung verbessern will?

**Hinweis:**

**Luenberger Beobachter 55.**

Vollständigen Luenberger-Beobachter angeben. Welche Form hat  $k^T$ ? Geben Sie die Fehlerdynamik an! Berechnen Sie den stationären Endwert des Fehlers! Um welchen Fehler handelt es sich überhaupt? Was mache ich damit? Wohin kann ich die Pole legen, kann ich sie immer beliebig angeben?

**Hinweis:**

**Dead Beat Regler 56.**

Gegeben war ein einfaches digitales System 2.Ordnung und man soll dazu einen Dead-Beat Regler entwerfen.

**Hinweis:**

**PI-Zustandsregler 1 57.**

Erklären Sie den PI-Zustandsregler! Wie bestimme ich den Zustandsregler?  
Was muss gelten, damit ich die Eigenwerte beliebig setzen kann? Kann ich  
von der vollständigen Erreichbarkeit von  $\{\Phi, \Gamma\}$  auf vollst. Erreichbarkeit von  
 $\{\Phi_I, \Gamma_I\}$  schließen?

**Hinweis:**

**PI-Zustandsregler 2 58.**

PI-Zustandsregler anschreiben und erklären. Warum verwendet man den?

Warum darf  $T_{r,y}$  keine Nullstelle bei 1 haben?

**Hinweis:**



**Luenberger Beobachter 1 59.**

Wie sieht ein vollständiger Luenberger Beobachter aus, was ist die Fehlerdynamik (Herleitung), wo möchte ich die Eigenwerte der Fehlerdynamik liegen haben (Im Inneren des Einheitskreises) und wann kann ich die Eigenwerte frei platzieren und wie?

**Hinweis:**

**Luenberger Beobachter 2 60.**

wodurch ist er besser als trivialer Beobachter? Fehlerdynamiken herleiten.

**Hinweis:**

**Luenberger Beobachter 3 61.**

Vollständiger Luenberger-Beobachter (auch mit Störungstherm  $v_k = v_0 \cdot (1^k)$ , wie sieht der Fehler im stationären Fall aus?)

**Hinweis:**

**Separationsprinzip 62.**

Separationsprinzip, Beweis führen, dass sich das gesamte charakteristische Polynom tatsächlich als Produkt der charakteristische Polynome von Beobachter und Regler ergibt.

**Hinweis:**

**Zustandsregler 63.**

Parameter  $g$  vom Zustandsregler herleiten.

**Hinweis:**