TU Wien

Automatisierung

VU-376.000

Prüfungen

Mündlich

Hybrid

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

1. April 2017

Inhaltsverzeichnis

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. 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 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 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 Repositorium 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:

Lösung 1.

$$\underline{A} = \frac{\partial \vec{f}(\vec{x}, \vec{u}, t)}{\partial \vec{x}}|_{x=x_R;\ u=u_R} \tag{2.0.1}$$

$$\underline{B} = \frac{\partial \vec{f}(\vec{x}, \vec{u}, t)}{\partial \vec{u}}|_{x=x_R;\ u=u_R} \tag{2.0.2}$$

$$\underline{C} = \frac{\partial \vec{h}(\vec{x}, \vec{u}, t)}{\partial \vec{x}}|_{x=x_R;\ u=u_R} \tag{2.0.3}$$

$$\underline{D} = \frac{\partial \vec{h}(\vec{x}, \vec{u}, t)}{\partial \vec{u}}|_{x=x_R;\ u=u_R} \tag{2.0.4}$$

$$\Delta\dot{\vec{x}} = \underline{A}\Delta\vec{x} + \underline{B}\Delta\vec{u} \tag{2.0.5}$$

$$\Delta\vec{y} = \underline{C}\Delta\vec{x} + \underline{D}\Delta\vec{u} \tag{2.0.6}$$

Eigenwerte einer Dynamikmatrix 2.
Von einer Dynamikmatrix sollen die Eigenwerte bestimmt werden. Ist es global asymptotisch stabil, wieso?
Hinweis:

Lösung 2.

$$det(\underline{A} - \lambda \underline{E}) = 0 \tag{2.0.7}$$

Die Dynamikmatrix ist global asymptotisch stabil, wenn der Realteil von allen Eigenwerten negativ ist.

Transitionsmatrix 3.
Transitionsmatrix und Eigenschaften
Hinweis:
Buch Seite 28

Lösung 3.
Die Transitionsmatrix kann über die Laplace-transformierte von

$$\Phi(t) = \mathscr{L}^{-1}\{(s \cdot \underline{E} - \underline{A})^{-1}\} \tag{2.0.8}$$

bestimmt werden. Oder direkt mittels $e^{\underline{A} \cdot t}$ wobei hier $\underline{A}$ in diagonalform vorliegen muss. Dazu werden die Eigenwerte und Eigenvektoren von $\underline{A}$ bestimmt und die Dynamikmatrix in ihre Diagonalfrom Transformiert. $\underline{\tilde{A}} = \underline{V^{-1}AV}$ Aus der Diagonalform wird dann die Transitionsmatrix gebildet, welche dann zurücktransformiert wird. $\Phi(t) = \underline{V}e^{\underline{\tilde{A}}t}\underline{V}^{-1}$ Kommen in der Diagonalform Jordanblöcke vor, müssen die wie folgt umgeformt werden:

$$\begin{pmatrix} \lambda_1 & 1 & 0 \\ 0 & \lambda_1 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_2 \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} e^{\lambda_1 t} & t \cdot e^{\lambda_1 t} & 0 \\ 0 & e^{\lambda_1 t} & 0 \\ 0 & 0 & e^{\lambda_2 t} \end{pmatrix} \tag{2.0.9}$$

$$\begin{pmatrix} \alpha_1 & \beta_1 \\ -\beta_1 & \alpha_1 \end{pmatrix} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} e^{\alpha_1 t}\cos(\beta_1 t) & e^{\alpha_1 t}\sin(\beta_1 t) \\ -e^{\alpha_1 t}\sin(\beta_1 t) & e^{\alpha_1 t}\cos(\beta_1 t) \end{pmatrix} \tag{2.0.10}$$

Eigenschaften der Transitionsmatrix:

$$\underline{\Phi}(0) = \underline{E} \tag{2.0.11}$$

$$\underline{\Phi}(t+s) = \underline{\Phi}(t)\underline{\Phi}(s) \tag{2.0.12}$$

$$\underline{\Phi}(t)^{-1} = \underline{\Phi}(-t) \tag{2.0.13}$$

$$\frac{\partial \underline{\Phi}(t)}{\partial t} = \underline{A} \cdot \underline{\Phi}(t) \tag{2.0.14}$$

Betragsfrequenzgang 4.
Betragsfrequenzgang gegeben, wie kann man davon auf $G(s)$ schließen? Wie kann man von der Betragsüberhöhung auf ξ schließen?
Hinweis:
Buch Seite 77

Lösung 4.
Wenn es sich um ein Phasenminimales System handelt $\Re\{\lambda_i\} < 0$, kann die Übertragungsfunktion alleine aus dem Amplitudenfrequenzgang oder dem Phasenfrequenzgang ermittelt werden. $\xi = \frac{10^{\frac{-\Delta dB}{20}}}{2}$

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

Lösung 5.
Der Anfangszustand lässt sich dann aus einer Linearkombination der Eigenvektoren angeben. $\vec{x}_0 = \gamma_1 \vec{v}_1 + \gamma_2 \vec{v}_2$ Es entsteht eine Eigenschwingung und $\vec{x}(t)$ lässt sich als $\vec{x}(t) = \gamma_1 e^{\lambda_1 t} \vec{v}_1 + \gamma_2 e^{\lambda_2 t} \vec{v}_2$ angeben. Der Eigenvektor muss invariant gegenüber $\underline{A}$ sein.

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

Lösung 6.
$\Delta\vec{x}$ und $\Delta\vec{u}$ sind kleine Änderungen um die Trajektorie. Die Matrizen $\underline{A}$ und $\underline{B}$ sind zeitvariant.

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

Lösung 7.

$$s\vec{X}(s) - \vec{x}_0 = \underline{A}\vec{X}(s) + \underline{B}\vec{U}(s) \tag{3.0.1}$$

$$\vec{X}(s)(s\underline{E} - \underline{A}) = \vec{x}_0 + \underline{B}\vec{U}(s) \tag{3.0.2}$$

$$\vec{X}(s) = (s\underline{E} - \underline{A})^{-1}(\vec{x}_0 + \underline{B}\vec{U}(s)) \tag{3.0.3}$$

$$\vec{Y}(s) = \underline{C}\vec{X}(s) + \underline{D}\vec{U}(s) \tag{3.0.4}$$

$$\vec{Y}(s) = \underline{C}(s\underline{E} - \underline{A})^{-1}\vec{x}_0 + (\underline{C}(s\underline{E} - \underline{A})^{-1}\underline{B} + \underline{D})\vec{U}(s) \tag{3.0.5}$$

$$\mathscr{L}^{-1}\{\vec{Y}(s)\} = \underline{C}\Phi(t)\vec{x}_0 + \underline{C}\int\limits_0^t \Phi(t-t')\underline{B}\vec{u}(t')dt' + \underline{D}\vec{u}(t) \tag{3.0.6}$$

Transformationsinvarianz 8.
Hinweis:

Lösung 8.

BIBO-Stabilität 9.
Geben Sie eine nicht BIBO-stabile Übertragungsfunktion an! Welche beschränkte Eingangsfunktion würde eine unbeschränkte Ausgangsfunktion hervorrufen?
Hinweis:

Lösung 9.

Realisierbarkeit, Sprungfähigkeit 10.
Realisierbarkeit, Sprungfähigkeit
Hinweis:

Lösung 10.

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:

Lösung 11.

Übertragungsfunktion 12.
Übertragungsfunktion von $y(t) = u(t-3)$? Anschließend den Betragsfrequenzgang von $G(s)/s$ zeichnen. Wo schneidet dieser die 0-Linie?
Hinweis:

Lösung 12.

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:

Lösung 13.

Totzeitglied 14.
Totzeitglied: Betrag und Phase zeichnen.
Hinweis:

Lösung 14.

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 $\xi = f(\mathrm{Re}(s), \mathrm{Im}(s))$, $T = f(\mathrm{Re}(s), \mathrm{Im}(s))$.
Hinweis:

Lösung 15.

4 Der Regelkreis

Anforderungen 16.
Welche Anforderungen werden an einen Regelkreis gestellt? Kann ich die immer erreichen? Wenn nein, warum nicht?
Hinweis:

Lösung 16.

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:

Lösung 17.

Störgröße 18.
Eine Störgröße wirkt vor der Strecke mit $d(t) = 3\sin(6t)$, berechnen Sie die eingeschwungene Lösung!
Hinweis:

Lösung 18.

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:

Lösung 19.

Störgrößenaufschaltung 20.
Steuerung mit Störgrößenaufschaltung: Übertragungsfunktion berechnen, Regler entwerfen.
Hinweis:

Lösung 20.

Satz von Michailov 21.
Satz von Michailov erklären.
Hinweis:

Lösung 21.

Standardregelkreis 22.
Betragsgang für $L(s)$ war gezeichnet. Standardregelkreis: $T_{u,y} = L/(1+L)$ einzeichnen.
Hinweis:

Lösung 22.
Geht entlang 0 bis zu ω_c, folgt dann $L(s)$

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:

Lösung 23.

Steuerung 24.
Steuerung und Steuerung mit Störgrößenaufschaltung.
Hinweis:

Lösung 24.

Kaskadenregelung 25.
Kaskadenregelung
Hinweis:

Lösung 25.

Störübertragungsfunktion 26.
Störübertragungsfunktion berechnen $\rightarrow$ eingeschwungener Zustand.
Hinweis:

Lösung 26.

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

Lösung 27.

Standard Regelkreis 28.
Standard-Regelkreis aufzeichnen und erklären. Beispiel aus der Praxis nennen.
Hinweis:
Antriebsregelstrecke Buch Seite 96,98,103

Lösung 28.

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.

Lösung 29.
Störungsübertragungsfunktion aufstellen und den Betrag des geschlossenen Kreises so wählen damit gilt $|e| < 0,3$.

5 Das Frequenzkennlinienverfahren

Stabilitätskriterium 30.
Welches Stabilitätskriterium verwenden wir hier implizit? Gilt dies immer? Was ist wenn nicht?
Hinweis:
Satz 4.6

Lösung 30.

Regler 31.
PI-Regler und Lead-Regler erklären, Bodediagramme zeichnen, wozu brauche ich was?
Hinweis:

Lösung 31.

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:

Lösung 32.

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:

Lösung 33.

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:

Lösung 34.

Diskreten Frequenzgang 35.
Was versteht man unter dem diskreten Frequenzgang?
Hinweis:

Lösung 35.

Zeitdiskreten Frequenzgang 36.
Welches Problem ergibt sich beim zeitdiskreten Frequenzgang? Wie kann man das lösen?
Hinweis:

Lösung 36.

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:

Lösung 37.

PI-Regler im q-Bereich 38.
q-Bereich: Übergang von ω auf Ω. Realisierung eines PI-Reglers im q-Bereich.
Hinweis:

Lösung 38.

Transistionsmatrix 39.
Diskretes System: Was ist die Transistionsmatrix, wie wird sie berechnet, wofür braucht man sie?
Hinweis:

Lösung 39.

Realisierungsproblem 40.
Realisierungsproblem (diskret) $\rightarrow$ Frequenzkennlinienverfahren im q-Bereich erklären.
Hinweis:

Lösung 40.

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:

Lösung 41.

Eingeschwungene Lösung 2 42.
Eingeschwungene Lösung (y_k) von $d(t) = 5\sin(4t)$ (Beispiel Abb. 6.12 mit $G(s) = 1$).
Hinweis:

Lösung 42.

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:

Lösung 43.

Ruhelage 44.
Ruhelage von einem diskreten Abtastsystem berechnen.
Hinweis:

Lösung 44.
Man muss $x_{k+1} = x_R$ und $x_k = x_R$ setzen

Abtaster 45.
Am Eingang eines Abtaster liegt $4\sin(4t)$ an, was kommt nach dem Abtaster raus?
Hinweis:

Lösung 45.
$4\sin(4kT_a)$

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:

Lösung 46.

Markov 47.
Markov Parameter
Hinweis:

Lösung 47.

Prüfmethoden für Beobachtbarkeit 48.
Welche Prüfmethoden für Beobachtbarkeit gibt es?
Hinweis:

Lösung 48.
VBP-Test, Beobachtbarkeitsmatrix, Hankelmatrix..

Hankelmatrix 49.
Hankelmatrix und Markov-Parameter: Welche physikalische Bedeutung? (zb 3. Markov Parameter 3. Ableitung der Impulsantwort bei t=0)
Hinweis:

Lösung 49.

Beziehung der Hankelmatrix 50.
Wie hängt Hankelmatrix mit der Erreichbarkeitsmatrix und der Beobachtbarkeitsmatrix zusammen?
Hinweis:

Lösung 50.
H ist das Produkt der beiden

Impulsantwort 51.
Impulsantwort eines diskreten Systems: Wie kann man daraus auf BIBO-Stabilität schließen? Wo spielen Impulsantworten noch eine Rolle?
Hinweis:
Markov-Parameter, Hankelmatrix,...

Lösung 51.

Matrix 52.
Hankelmatrix, Beobachtungsmatrix, Steuerbarkeitsmatrix
Hinweis:

Lösung 52.

8 Zustandsregler/Zustandsbeobachter

Zustandsregler 53.
Zustandsregler aufzeichnen, Dynamikmatrix des geschlossenen Kreises herleiten. Was macht ein Zustandsregler? Voraussetzung für Zustandsreglerentwurf? Wie entwirft man ihn?
Hinweis:

Lösung 53.

Pol/Nullstellen-Diagramm 54.
Ein Pol/Nullstellen-Diagramm einer Strecke $G(s)$ mit einem konjugiert komplexen Polpaar mit 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:

Lösung 54.

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:

Lösung 55.

Deat Beat Regler 56.
Gegeben war ein einfaches digitales System 2.Ordnung und man soll dazu einen Dead-Beat Regler entwerfen.
Hinweis:

Lösung 56.

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:

Lösung 57.

PI-Zustandsregler 2 58.
PI-Zustandsregler anschreiben und erklären. Warum verwendet man den? Warum darf $T_{r,y}$ keine Nullstelle bei 1 haben?
Hinweis:

Lösung 58.
Kürzt sich sonst mit Integrator und darf sowieso nicht gekürzt werden wegen interner Stabilität

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:

Lösung 59.
Wenn System vollständig beobachtbar ist, können die Eigenwerte frei plaziert werden. Durch Ackermann, bzw. Polvorgabe direkt wenn es in der Beobachtbarkeitsnormalform vorliegt.

Luenberger Beobachter 2 60.
wodurch ist er besser als trivialer Beobachter? Fehlerdynamiken herleiten.
Hinweis:

Lösung 60.

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:

Lösung 61.

Separationsprinzip 62.
Separationsprinzip, Beweis führen, dass sich das gesamte charakteristische Polynom tatsächlich als Produkt der charakteristische Polynome von Beobachter und Regler ergibt.
Hinweis:

Lösung 62.

Zustandsregler 63.
Parameter g vom Zustandsregler herleiten.
Hinweis:

Lösung 63.