Schriftliche Prüfung aus **Control Systems 1 (Information and Computer Engineering)** am 04.07.2016

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	2	2	2	2	2	2	3	4	19
erreichte Punkte									

Aufgabe 1:

Geben Sie die *Definitionen* folgender Eigenschaften eines *zeitkontinuierlichen* linearen zeitinvarianten Zustandsraummodells mit dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$ und der Eingangsgröße u an:

- asymptotische Stabilität;
- BIBO-Stabilität.

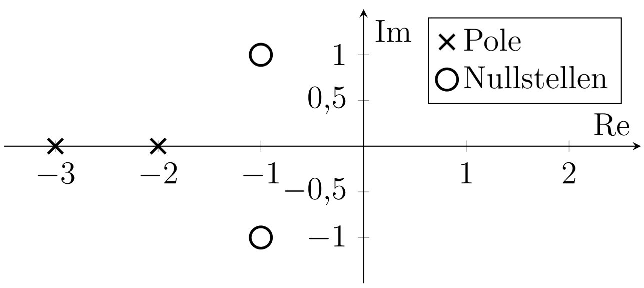
Aufgabe 2:

Geben Sie zu folgenden linearen zeitinvarianten Übertragungsgliedern jeweils die Übertragungsfunktion $G(s)$ an und skizzieren Sie die zugehörige Sprungantwort $h(t)$:

- Verzögerungsglied erster Ordnung (PT_1-Glied);
- Vorhalteglied (DT_1-Glied).

Aufgabe 3:

Betrachten Sie folgenden PN-Plan der Übertragungsfunktion $G(s)$ eines zeitkontinuierlichen linearen zeitinvarianten Übertragungssystems (alle eingezeichneten Pole und Nullstellen haben Vielfachheit eins).



Ferner ist bekannt, dass die Ausgangsgröße $y(t)$ für die Eingangsgröße $u(t) = \sigma(t)$ (d.h. für einen Einheitssprung) die Relation

$$\lim_{t\to\infty} y(t) = 1$$

erfüllt. Ermitteln Sie die Übertragungsfunktion $G(s)$.

Aufgabe 4:

Es sei ein Polynom $p(s) = s^3 + s^2 + a_1 s + a_0$ gegeben. Ermitteln Sie den größtmöglichen Wertebereich der reellen Parameter a_0 und a_1, für den $p(s)$ ein Hurwitzpolynom ist.

Aufgabe 5:

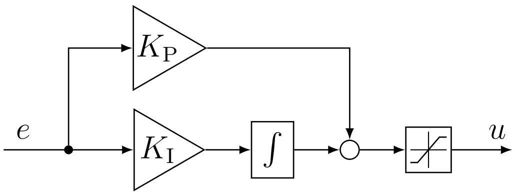
Ermitteln Sie mit der Methode nach Tustin eine zeitdiskrete Approximation $R_\mathrm{d}(z)$ der Reglerübertragungsfunktion

$$R(s) = \frac{28s - 20}{s + 7}$$

für eine Abtastzeit $T_\mathrm{d} = 2$. Geben Sie das zugehörige Regelgesetz zur Ermittlung der Stellfolge (u_k) aus der Regelfehlerfolge (e_k) in Form einer Differenzengleichung an.

Aufgabe 6:

Betrachten Sie folgendes Strukturbild eines PI-Reglers in Parallelrealisierung mit dem Regelfehler e und der Stellgröße u:



Erweitern Sie das Strukturbild um eine Anti-Windup Maßnahme. Warum ist diese Maßnahme notwendig?

Aufgabe 7:

Gegeben sei das Modell einer Regelstrecke in Form der Übertragungsfunktion

$$P(s) = \frac{s - 2}{s^2 - 1}.$$

Für den zu entwerfenden Regelkreis (erweiterte Regelkreisstruktur) wurde die Führungsübertragungsfunktion

$$T(s) = \frac{\mu_\mathrm{T}(s)}{(s + 1)^2}$$

gewählt, wobei $\mu_\mathrm{T}(s)$ das Zählerpolynom repräsentiert.

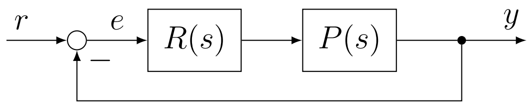
a) Geben Sie Bedingungen für $\mu_\mathrm{T}(s)$ an, sodass $T(s)$ implementierbar ist.

b) Wählen Sie ein Polynom $\mu_\mathrm{T}(s)$ *möglichst niedrigen Grades*, das die Bedingungen
   i) $T(s)$ ist implementierbar
   ii) stationäre Genauigkeit, d.h. $\lim_{t\to\infty} y(t) = 1$ für $r(t) = \sigma(t)$

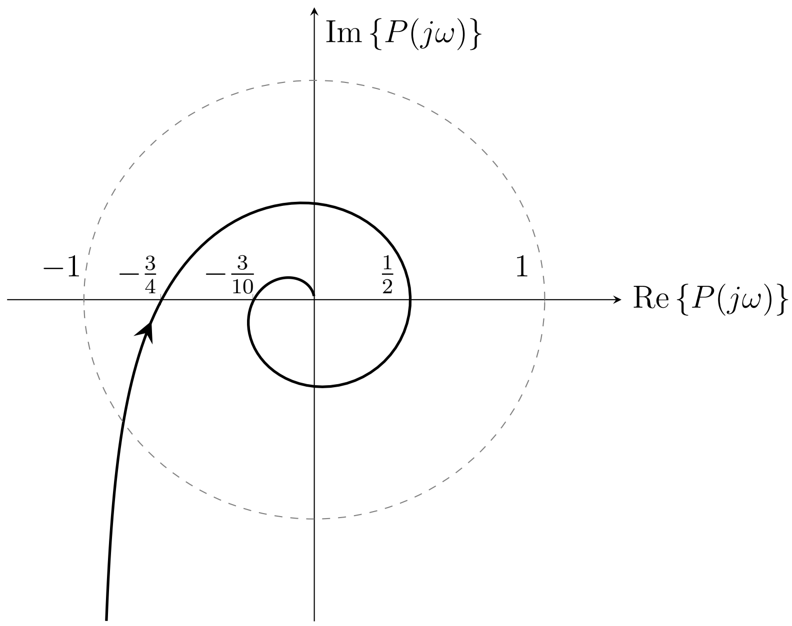
   erfüllt.

Aufgabe 8:

Gegeben sei folgendes Blockschaltbild eines Regelkreises mit der Führungsgröße r, der Regelabweichung e und der Ausgangsgröße y:



Von der Streckenübertragungsfunktion $P(s)$ ist bekannt, dass genau 3 ihrer 4 Pole einen negativen Realteil aufweisen und dass der Verstärkungsfaktor positiv ist ($V > 0$). Zudem liegt die Ortskurve des Frequenzgangs $P(j\omega)$ für $0 \leq \omega < \infty$ graphisch vor:



a) Als Regler wird ein Proportionalregler $R(s) = K$ mit dem reellen Parameter K eingesetzt. Bestimmen Sie mit Hilfe des Nyquist-Kriteriums nachvollziehbar, d.h. mit Ermittlung der stetigen Winkeländerung, ob obiger Regelkreis für

i) $K = \dfrac{1}{3}$, ii) $K = 2$

die BIBO-Eigenschaft besitzt.

b) Ist es möglich, die Phasenreserve Φ_r sowie den Amplitudenrand A_r von der Ortskurve abzulesen? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*) Wenn ja, zeichnen Sie die beiden Größen für $K = 1$ in die Ortskurve ein.

Schriftliche Prüfung aus **Control Systems 1 (Information and Computer Engineering)** am 23.09.2016

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	2	2	3	2	3	2	3	2	19
erreichte Punkte									

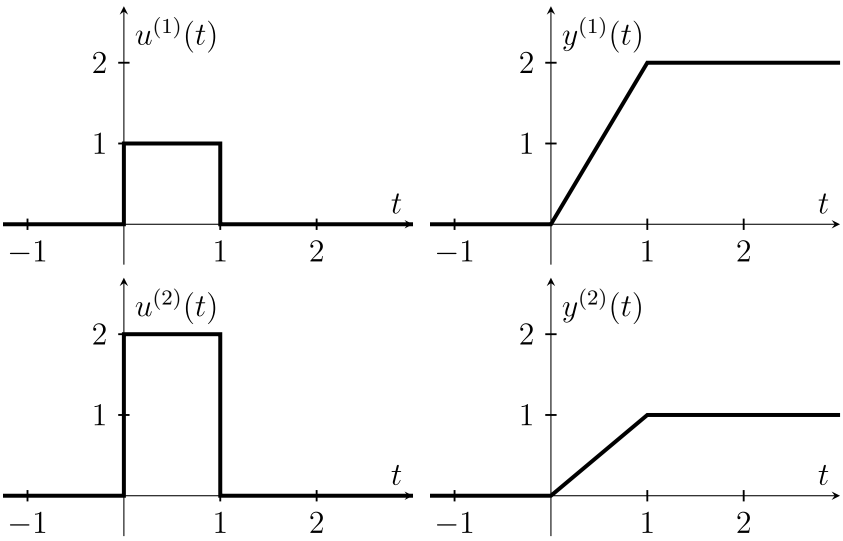
Aufgabe 1:

Geben Sie die *Definitionen* folgender Eigenschaften eines linearen zeitkontinuierlichen Systems mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y an:

- Kausalität;
- BIBO-Stabilität.

Aufgabe 2:

Es wird ein zeitkontinuierliches System mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y betrachtet. Im Rahmen von Experimenten wurden für die im Folgenden dargestellten Zeitfunktionen $u^{(1)}(t)$ und $u^{(2)}(t)$ die jeweils nebenstehend abgebildeten Ausgangsgrößenverläufe $y^{(1)}(t)$ und $y^{(2)}(t)$ erhalten:



Kann es sich hierbei prinzipiell, d.h. vorbehaltlich der Ergebnisse weiterer Versuche und Untersuchungen, um ein lineares zeitinvariantes System handeln? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)

Aufgabe 3:

Gegeben sei das Polynom

$$p(s) = (-1)s^4 + \alpha s^3 + 2\beta s^2 + \alpha s + \beta - 1.$$

Ermitteln Sie mit Hilfe des Routh-Schemas Bedingungen für die Parameter α und β, welche notwendig und hinreichend dafür sind, dass $p(s)$ ein Hurwitzpolynom ist.

Aufgabe 4:

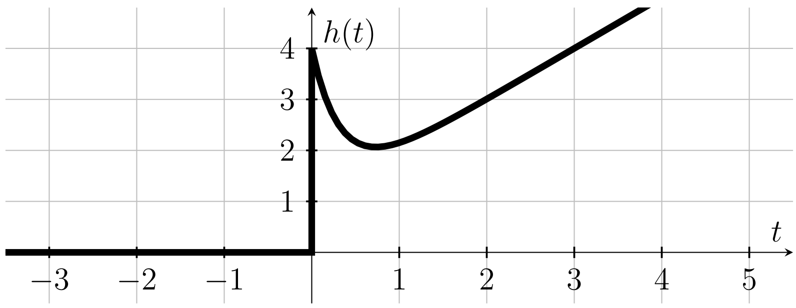
Gegeben sei ein nichtlineares Zustandsraummodell zweiter Ordnung mit den Zustandsvariablen x_1 und x_2:

$$\frac{\mathrm{d}x_1}{\mathrm{d}t} = 2 - x_2$$
$$\frac{\mathrm{d}x_2}{\mathrm{d}t} = x_2 x_1^2 - 8$$

Ermitteln Sie alle Ruhelagen des Systems.

Aufgabe 5:

Gegeben sei folgende Sprungantwort eines realisierbaren PID-Reglers:



Es ist bekannt, dass die Realisierungszeitkonstante den Wert $T_\mathrm{R} = \frac{1}{3}$ hat. Lesen Sie den Proportionalbeiwert K_P, die Nachstellzeit T_N und die Vorhaltezeit T_V des PID-Reglers aus dem Diagramm ab und geben Sie die Übertragungsfunktion $R(s)$ des Reglers an.

Aufgabe 6:

Es sei eine Regelstrecke mit der Übertragungsfunktion $P(s)$ gegeben:

$$P(s) = \frac{s^2 - s + 1}{s^3}$$

Geben Sie zu dieser Streckenübertragungsfunktion jeweils, sofern möglich, ein Beispiel für eine *implementierbare* Führungsübertragungsfunktion

- 2. Ordnung,
- 3. Ordnung,
- 4. Ordnung

an. (*Begründen Sie jeweils Ihre Antwort!*)

Aufgabe 7:

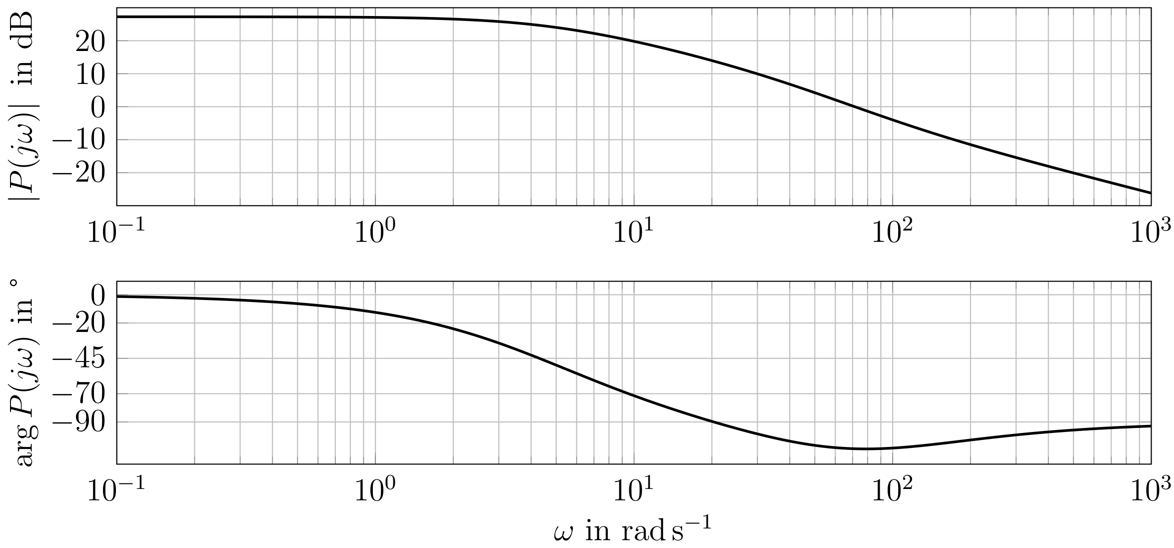
Von einer gebrochen rationalen Übertragungsfunktion $G(s)$ *zweiter Ordnung* mit reellen Koeffizienten ist bekannt, dass Folgendes gilt:

$$G(-j) = 0, \qquad \lim_{s \to 1-j} |G(s)| = \infty, \qquad G(0) = 2.$$

Ermitteln Sie $G(s)$.

Aufgabe 8:

Betrachten Sie einen Standardregelkreis bestehend aus einem Regler mit der Übertragungsfunktion $R(s)$ und einer Strecke mit der Übertragungsfunktion $P(s)$. Die Strecke $P(s)$ sei vom einfachen Typ. Ihr Frequenzgang ist graphisch in Form von Bode-Diagrammen gegeben:



Als Regler wird der I-Regler $R(s) = \frac{1}{s}$ verwendet. Bestimmen Sie (näherungsweise) die zu erwartende Anstiegszeit t_r und die Überschwingweite M_p des geschlossenen Kreises.

Schriftliche Prüfung aus **Control Systems 1 (Information and Computer Engineering)** am 18.11.2016

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	2	2	2	2	3	3	2	3	19
erreichte Punkte									

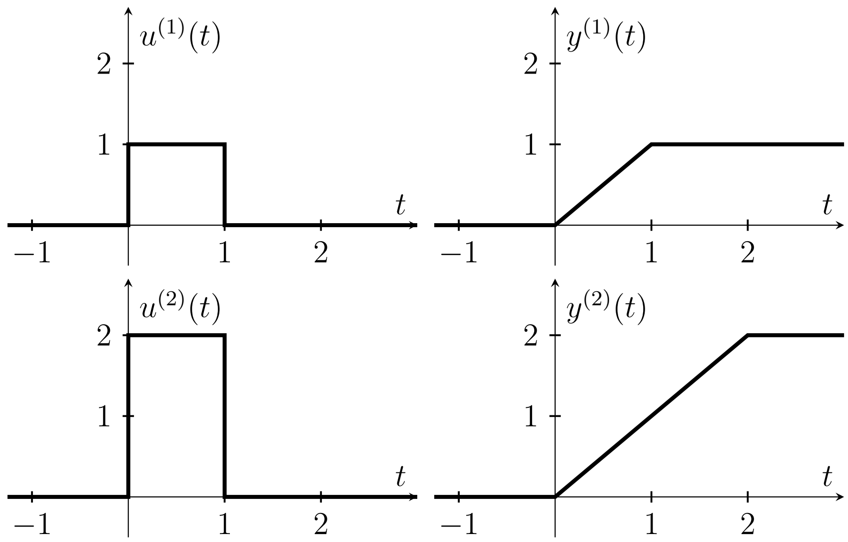
Aufgabe 1:

Geben Sie ein zeitkontinuierliches lineares zeitinvariantes Zustandsraummodell erster Ordnung mit der Zustandsvariablen x, der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y an, das die folgenden Eigenschaften besitzt:

- Sprungfähigkeit
- asymptotische Stabilität

Aufgabe 2:

Es wird ein zeitkontinuierliches System mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y betrachtet. Im Rahmen von Experimenten wurden für die im Folgenden dargestellten Zeitfunktionen $u^{(1)}(t)$ und $u^{(2)}(t)$ die jeweils nebenstehend abgebildeten Ausgangsgrößenverläufe $y^{(1)}(t)$ und $y^{(2)}(t)$ erhalten:



Kann es sich hierbei prinzipiell, d.h. vorbehaltlich der Ergebnisse weiterer Versuche und Untersuchungen, um ein lineares zeitinvariantes System handeln? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)

Aufgabe 3:

Geben Sie zu den folgenden linearen zeitinvarianten Übertragungsgliedern jeweils die Differentialgleichung und die dazugehörige Sprungantwort $h(t)$ an:

- Verzögerungsglied erster Ordnung (PT1-Glied)
- Integrator (I-Glied)

Aufgabe 4:

Gegeben sei ein nichtlineares Zustandsraummodell zweiter Ordnung mit den Zustandsvariablen x_1 und x_2:

$$\begin{aligned}\frac{dx_1}{dt} &= 2x_1x_2 + \sin x_1,\\ \frac{dx_2}{dt} &= -x_2 + u^2,\\ y &= x_1x_2.\end{aligned}$$

Ermitteln sie für die Ruhelage

$$\mathbf{x}_R^T = \begin{bmatrix}0 & 4\end{bmatrix}^T, \quad u_R = 2$$

das linearisierte Zustandsraummodell

$$\begin{aligned}\frac{d\Delta\mathbf{x}}{dt} &= \mathbf{A}\Delta\mathbf{x} + \mathbf{b}\Delta u,\\ \Delta y &= \mathbf{c}^T\Delta\mathbf{x},\end{aligned}$$

wobei

$$\Delta\mathbf{x} = \mathbf{x} - \mathbf{x}_R, \quad \Delta u = u - u_R \quad \text{und} \quad \Delta y = y - y_R$$

gilt.

Aufgabe 5:

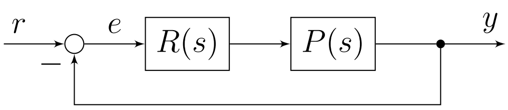
Es sei ein Polynom

$$p(s) = a_3s^3 + a_2s^2 + s + 1$$

gegeben. Ermitteln sie den *größtmöglichen* Wertebereich der reellen Parameter a_3 und a_2, für den $p(s)$ ein Hurwitzpolynom ist.

Aufgabe 6:

Gegeben sei ein Standardregelkreis



mit der Regelstrecke

$$P(s) = \frac{s-1}{s(s+2)}$$

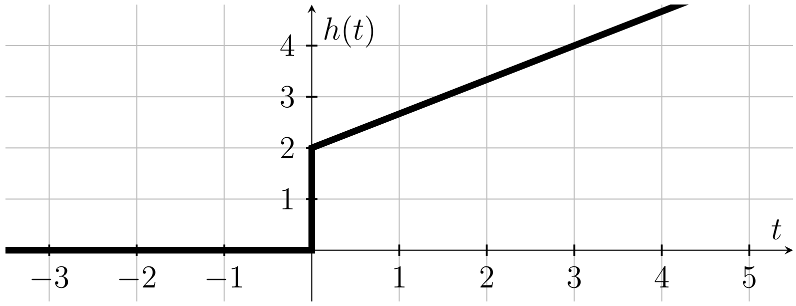
und der gewünschten Führungsübertragungsfunktion

$$T(s) = \frac{-2(s-1)}{s^2+5s+2}.$$

- Ist $T(s)$ implementierbar? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)
- Ermitteln Sie den Regler $R(s)$, der zur Übertragungsfunktion $T(s)$ führt, durch die direkte Reglerberechnung. Ist der Regelkreis intern stabil? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)

Aufgabe 7:

Gegeben sei folgende Sprungantwort eines PI-Reglers:



Lesen Sie den Proportionalbeiwert K_P und die Nachstellzeit T_N des PI-Reglers aus dem Diagramm ab und geben Sie die Übertragungsfunktion $R(s)$ des Reglers an.

Aufgabe 8:

Die Übertragungsfunktion des *offenen* Regelkreises

$$L(s) = R(s)P(s) = \frac{10}{s\left(\frac{s}{10}+1\right)}$$

ist gegeben. Hierbei ist $R(s)$ die Reglerübertragungsfunktion, $P(s)$ ist die Übertragungsfunktion der Strecke. Stellen Sie den Frequenzgang $L(j\omega)$ in Form von Bode-Diagrammen dar und ermitteln Sie näherungsweise die zu erwartende Anstiegszeit t_r und die Überschwingweite M_p der Sprungantwort des *geschlossenen* Kreises.

Schriftliche Prüfung aus **Control Systems 1 (Information and Computer Engineering)** am 20.01.2017

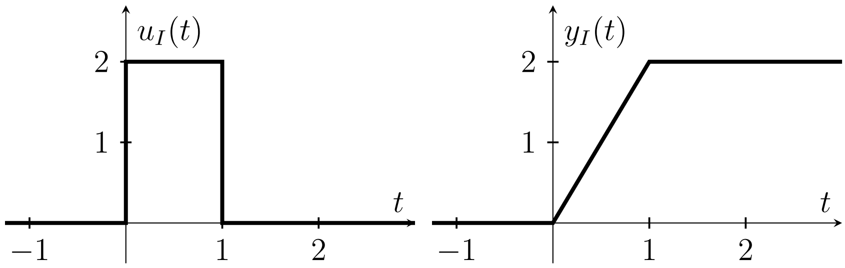
Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	2	3	2	3	2	2	3	2	19
erreichte Punkte									

Aufgabe 1:

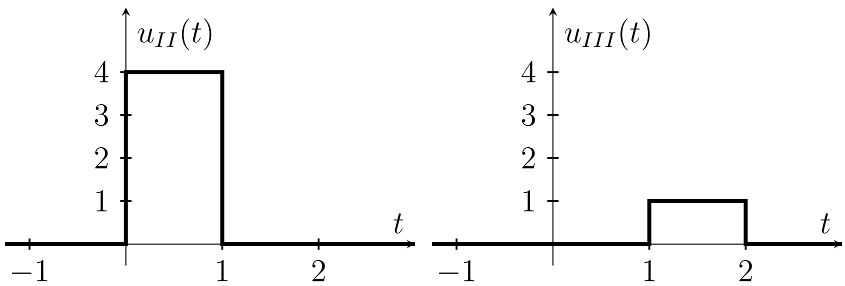
Es wird ein zeitkontinuierliches System mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y betrachtet. Im Rahmen eines Experimentes wurde für die im Folgenden dargestellte Zeitfunktion $u_I(t)$ der nebenstehend abgebildete Ausgangsgrößenverlauf $y_I(t)$ erhalten.



In einem zweiten Experiment soll nun die folgende Zeitfunktion als Eingangsgröße dienen:

$$u(t) = u_{II}(t) - 3u_{III}(t),$$

wobei $u_{II}(t)$ und $u_{III}(t)$ dargestellt werden können als



Wie muss die Ausgangsgröße $y(t)$ des Systems im zweiten Experiment für den Fall aussehen, dass es sich um ein *lineares, zeitinvariantes* System handelt.

Aufgabe 2:

Von einer gebrochen rationalen Übertragungsfunktion $G(s)$ *zweiter Ordnung* mit reellen Koeffizienten ist bekannt, dass Folgendes gilt:

$$G(2) = 0, \qquad \lim_{s \to (1-j)} |G(s)| = \infty, \qquad G(0) = 4.$$

Weiters ist bekannt, dass es sich um ein *realisierbares* und *nicht sprungfähiges* System handelt.
Ermitteln Sie $G(s)$.

Aufgabe 3:

Gegeben sind zwei in Serie geschaltene Zustandsmodelle.

System 1:

$$\dot{\hat{\mathbf{x}}} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 1 & 4 \end{bmatrix} \hat{\mathbf{x}} + \begin{bmatrix} 0.5 \\ 1 \end{bmatrix} u$$

$$v = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \hat{\mathbf{x}}$$

System 2:

$$\dot{\tilde{x}} = 2\tilde{x} + 4v$$

$$y = \tilde{x}$$

Ermitteln Sie die Übertragungsfunktion des Gesamtsystems mit der Eingangsgröße $u(t)$ und der Ausgangsgröße $y(t)$.
Ist das Gesamtsystem *BIBO-stabil*? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)

Aufgabe 4:

Gegeben sei die Übertragungsfunktion einer Regelstrecke.

$$P(s) = \frac{1}{s^3 + 3s}$$

Es soll nun ein Standardregelkreis so ausgelegt werden, dass seine Führungsübertragungsfunktion

$$T(s) = \frac{\mu_T(s)}{\nu_T(s)} = \frac{R(s)P(s)}{1 + R(s)P(s)}$$

das vorgegebene Nennerpolynom

$$\nu_T(s) = (s+1)^5 = s^5 + 5s^4 + 10s^3 + 10s^2 + 5s + 1$$

besitzt. Ermitteln Sie die Parameter des Reglers

$$R(s) = \frac{b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}$$

über die Methode der Polvorgabe.

Aufgabe 5:

Gegeben ist ein nichtlineares, zeitkontinuierliches System dritter Ordnung:

$$
\begin{aligned}
\dot{x}_1 &= x_2 \\
\dot{x}_2 &= g - \frac{c}{m}\frac{x_3^2}{x_1^2} \\
\dot{x}_3 &= -\frac{R}{L}x_3 + \frac{2c}{L}\frac{x_2 x_3}{x_1^2} + \frac{1}{L}u \\
y &= x_1
\end{aligned}
$$

mit den bekannten Parametern g, c, m, R und L. Ermitteln sie für die Ruhelage $y = y_R =$ konst. die zugehörigen Zustandsvariablen $\mathbf{x}_R = \begin{bmatrix} x_{1,R} & x_{2,R} & x_{3,R} \end{bmatrix}^T$ sowie die Eingangsgröße u_R in Abhängigkeit von y_R.

Aufgabe 6:

Ermitteln Sie mit Hilfe des Routh-Schemas jeweils den größtmöglichen Wertebereich des reellen Parameters k, für den die einzelnen Polynome Hurwitzpolynome sind.

$$
\begin{aligned}
i) &\quad p_1(s) = s^5 + 10s^4 + ks^3 + 2s^2 + 5 \\
ii) &\quad p_2(s) = ks^4 + 2s^3 + k^2s^2 - s + 2 \\
iii) &\quad p_3(s) = s^3 + 2s^2 + s + k \\
iv) &\quad p_4(s) = 15s^2 + ks + 27
\end{aligned}
$$

Aufgabe 7:

Gegeben sei eine Regelstrecke, an der gefahrlos verschiedenste Experimente durchgeführt werden können. Es soll ein *PID*-Regler zur Regelung dieser Strecke ausgelegt werden.

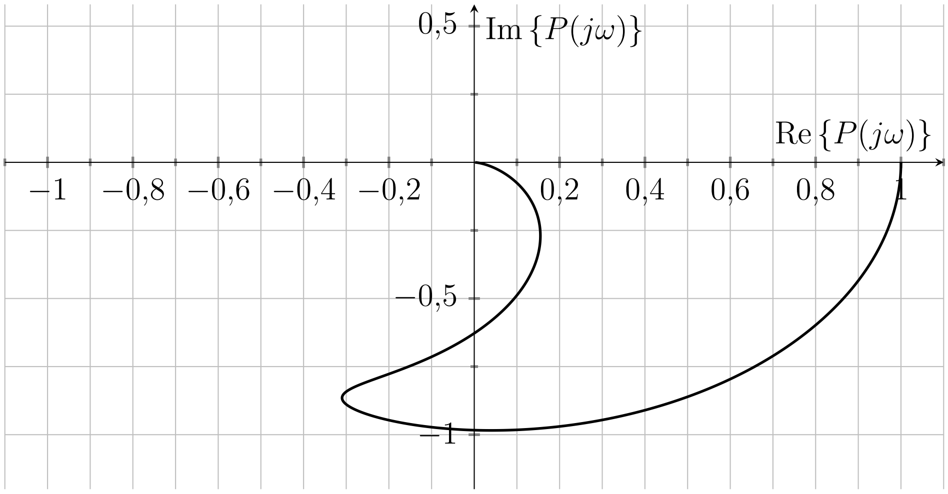
- Welche Methoden kennen Sie, um günstige Startwerte für die gesuchten Reglerparameter zu finden?
- Erklären Sie eine der Methoden im Detail!
- Worauf ist zu achten, falls eine Stellgrößenbeschränkung vorhanden ist?

Aufgabe 8:

Gegeben sei die folgende Übertragungsfunktion einer Regelstrecke:

$$P(s) = \frac{-100(s-1)}{(s-10)^2(s+1)}$$

mit der dazugehörigen Ortskurve für $\omega \in [0, \infty)$.



Zeigen Sie mit Hilfe des Nyquistkriteriums, dass das gegebene System durch einen Proportionalregler $R(s) = K$ mit $K \in \mathbb{R}$ nicht stabilisiert werden kann.

Hinweis: $\Delta \operatorname{arc}\{1 + L(j\omega)\} = (n_\mathrm{a} + 2n_\mathrm{r})\dfrac{\pi}{2}$

$L(s)$ stellt dabei die Übertragungsfunktion des offenen Kreises dar.

Schriftliche Prüfung aus **Control Systems 1 (Information and Computer Engineering)** am 10.03.2017

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	2	2	3	3	2	2	2	3	19
erreichte Punkte									

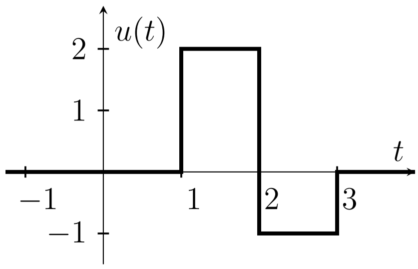
Aufgabe 1:

Gegeben sei ein zeitkontinuierliches lineares zeitinvariantes System mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y, das durch die *Sprungantwort*

$$h(t) = \left(2 + 3e^{-5t} - 5e^{-t}\right)\sigma(t)$$

beschrieben wird.

- Ermitteln Sie den exakten zeitlichen Verlauf der Ausgangsgröße $y(t)$ für die folgende Eingangsgröße:



Aufgabe 2:

Gegeben sei ein lineares zeitkontinuierliches zeitinvariantes System mit der Eingangsgröße u, der Ausgangsgröße y und dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$.

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2 & -1 \end{bmatrix}\mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} -1 & 1 \end{bmatrix} u$$

Überprüfen Sie, ob das gegebene System

- asymptotische Stabilität
- BIBO-Stabilität

aufweist. (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)

Aufgabe 3:

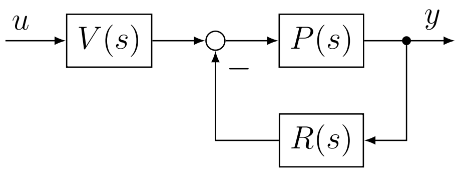
Ermitteln Sie mit Hilfe des Routh-Schemas jeweils den größtmöglichen Wertebereich des reellen Parameters k, für den die einzelnen Polynome Hurwitzpolynome sind.

i) $p_1(s) = ks^5 + 3s^4 + ks^3 + 5s^2 + 0.5s + 2$

ii) $p_2(s) = ks^4 + 4s^3 + 6s^2 + 4s + 1$

Aufgabe 4:

Betrachtet wird die erweiterte Regelkreisstruktur



mit der Regelstrecke

$$P(s) = \frac{1}{s^3 + 3s} = \frac{\mu(s)}{\nu(s)}$$

und den beiden Reglerübertragungsfunktionen

$$R(s) = \frac{b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}, \qquad V(s) = \frac{c_2 s^2 + c_1 s + c_0}{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}. \tag{1}$$

- Bestimmen Sie die Polynome $a(s)$, $b(s)$ und $c(s)$ so, dass

$$T(s) = \frac{V(s)P(s)}{1 + R(s)P(s)} = \frac{1}{s^5 + 5s^4 + 10s^3 + 10s^2 + 5s + 1} = \frac{\mu_T(s)}{\nu_T(s)}$$

gilt.

Aufgabe 5:

Gegeben sei eine Regelstrecke mit der Übertragungsfunktion

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

Geben Sie zu dieser Streckenübertragungsfunktion jeweils, sofern möglich, ein Beispiel für eine *implementierbare* Führungsübertragungsfunktion

- 2. Ordnung,
- 3. Ordnung,
- 4. Ordnung

an. (*Begründen Sie jeweils Ihre Antwort!*)

Aufgabe 6:

Geben Sie zu folgenden linearen zeitinvarianten Übertragungsgliedern jeweils die Übertragungsfunktion $G(s)$ an und skizzieren Sie jeweils eine typische Sprungantwort $h(t)$:

- Proportionalglied;
- Verzögerungsglied erster Ordnung (PT_1-Glied);

Aufgabe 7:

Gegeben sei ein zeitkontinuierliches lineares zeitinvariantes System mit der Eingangsgröße u, der Ausgangsgröße y und dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ -3 & 3 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x}.$$

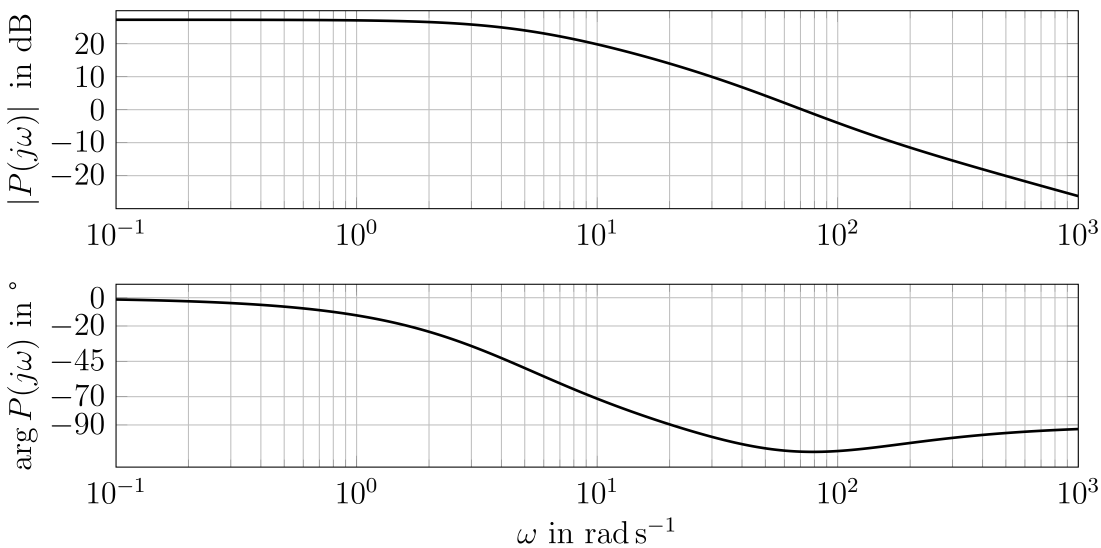
- Ermitteln Sie den zeitlichen Verlauf der Ausgangsgröße $y(t)$ für $u(t) = 0$ und $\mathbf{x}(0) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}^T$.

Aufgabe 8:

Betrachten Sie einen Standardregelkreis bestehend aus einem Regler mit der Übertragungsfunktion $R(s)$ und einer Strecke mit der Übertragungsfunktion $P(s)$.

a) Welche Bedingungen muss die Übertragungsfunktion $L(s)$ des offenen Kreises aufweisen, damit sie *„vom einfachen Typ"* ist?

b) Die Regelstrecke $P(s)$ besitzt die *BIBO-Eigenschaft*. Ihr Frequenzgang ist graphisch in Form von Bode-Diagrammen gegeben:



Dimensionieren Sie einen P-Regler $R(s) = K$ so, dass die Anstiegszeit der Sprungantwort des geschlossenen Kreises näherungsweise $t_r \approx 0{,}75\,\mathrm{s}$ beträgt.

Schriftliche Prüfung aus **Control Systems 1 (Information and Computer Engineering)** am 11.05.2017

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	Summe
erreichbare Punkte	2	2	2	3	2	3	2	3	19
erreichte Punkte									

Aufgabe 1:

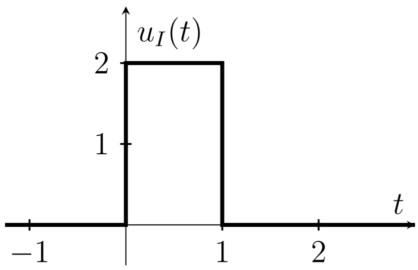
Geben Sie die *Definitionen* folgender Eigenschaften eines linearen zeitkontinuierlichen Systems mit der Eingangsgröße u, der Ausgangsgröße y und dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$ an:

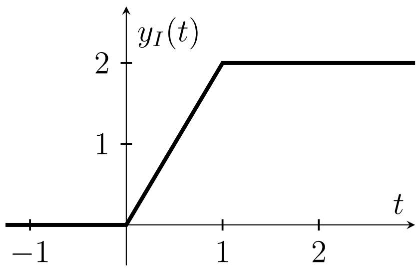
a) asymptotische Stabilität;

b) BIBO-Stabilität.

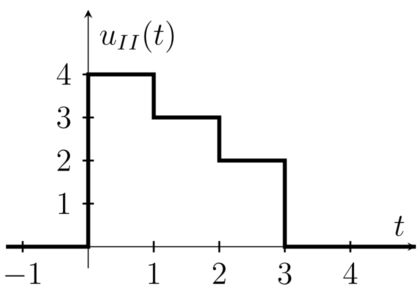
Aufgabe 2:

Es wird ein zeitkontinuierliches System mit der Eingangsgröße u und der Ausgangsgröße y betrachtet. Im Rahmen eines Experimentes wurde für die im Folgenden dargestellte Zeitfunktion $u_I(t)$ der nebenstehend abgebildete Ausgangsgrößenverlauf $y_I(t)$ erhalten.





In einem zweiten Experiment soll nun die folgende Zeitfunktion als Eingangsgröße dienen:



Wie muss die Ausgangsgröße $y_{II}(t)$ des Systems im zweiten Experiment für den Fall aussehen, dass es sich um ein *lineares, zeitinvariantes* System handelt.

Aufgabe 3:

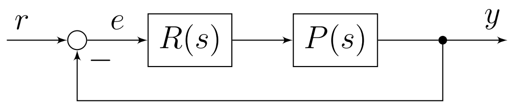
Geben Sie zu den folgenden linearen zeitinvarianten Übertragungsgliedern jeweils die Differentialgleichung und die dazugehörige Sprungantwort $h(t)$ an:

a) Verzögerungsglied erster Ordnung (PT1-Glied)

b) Integrator (I-Glied)

Aufgabe 4:

Gegeben sei ein Standardregelkreis



mit der Regelstrecke

$$P(s) = \frac{s+1}{s(s+2)}$$

und den gewünschten Führungsübertragungsfunktionen

$$i) \quad T_I(s) = \frac{s^2}{s^2+10s+1}, \quad ii) \quad T_{II}(s) = \frac{1}{s^2+2s+1}, \quad iii) \quad T_{III}(s) = \frac{s}{s^2+1}.$$

a) Welche dieser drei Führungsübertragungsfunktionen ist implementierbar? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)

b) Ermitteln Sie den Regler $R(s)$, der zur implementierbaren Übertragungsfunktion $T_x(s)$ führt, durch die direkte Reglerberechnung.

Aufgabe 5:

Gegeben sei ein zeitkontinuierliches lineares zeitinvariantes System mit der Eingangsgröße u, der Ausgangsgröße y und dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$:

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ -3 & 3 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x}.$$

Ermitteln Sie den zeitlichen Verlauf der Ausgangsgröße $y(t)$ für $u(t) = 0$ und $\mathbf{x}(0) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix}^T$.

Aufgabe 6:

Ermitteln Sie mit der Methode der Vorwärts-Euler-Integration eine zeitdiskrete Approximation $R_\mathrm{d}(z)$ der Reglerübertragungsfunktion

$$R(s) = \frac{s+6}{s(s+1)}$$

für eine Abtastzeit $T_\mathrm{d} = 1s$.

a) Geben Sie das zugehörige Regelgesetz zur Ermittlung der Stellfolge (u_k) aus der Regelfehlerfolge (e_k) in Form einer Differenzengleichung an.

b) In welchen Bereich der z-Ebene geht die linke offene s-Ebene bei Anwendung der Vorwärts-Euler-Integration über?

c) Ist die ermittelte zeitdiskrete Reglerübertragungsfunktion $R_\mathrm{d}(z)$ *BIBO*-stabil? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)

Aufgabe 7:

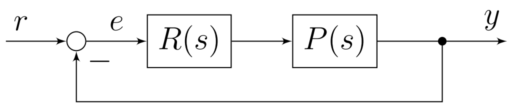
Gegeben sei ein nichtlineares Zustandsmodell zweiter Ordnung mit den Zustandsvariablen x_1 und x_2:

$$\frac{\mathrm{d}x_1}{\mathrm{d}t} = 2 - x_2$$
$$\frac{\mathrm{d}x_2}{\mathrm{d}t} = x_2 x_1^2 - 8$$

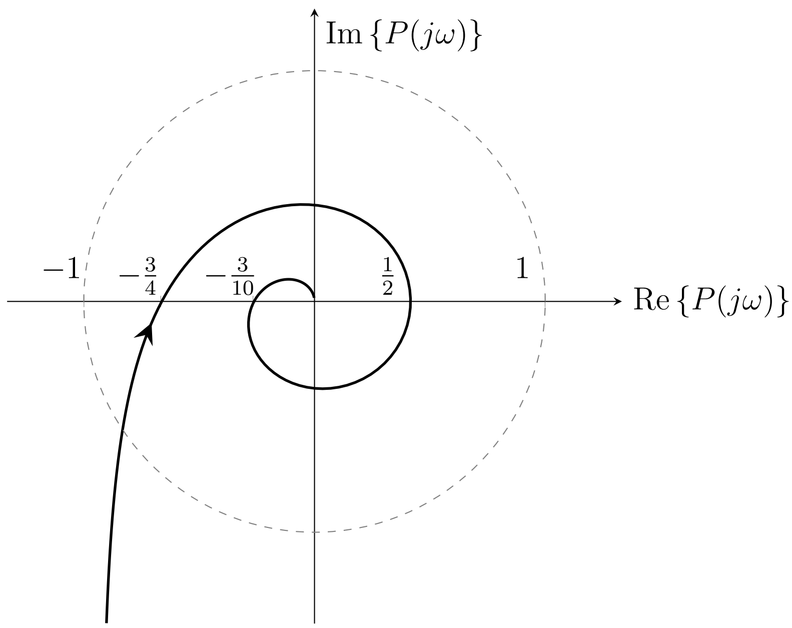
Ermitteln Sie alle Ruhelagen des Systems.

Aufgabe 8:

Gegeben sei folgendes Blockschaltbild eines Regelkreises mit der Führungsgröße r, der Regelabweichung e und der Ausgangsgröße y:



Von der Streckenübertragungsfunktion $P(s)$ ist bekannt, dass genau 3 ihrer 4 Pole einen negativen Realteil aufweisen, 1 Pol auf der imaginären Achse liegt und dass der Verstärkungsfaktor positiv ist ($V > 0$). Zudem liegt die Ortskurve des Frequenzgangs $P(j\omega)$ für $0 \leq \omega < \infty$ graphisch vor:



a) Als Regler wird ein Proportionalregler $R(s) = K$ mit dem reellen Parameter K eingesetzt. Bestimmen Sie mit Hilfe des Nyquist-Kriteriums nachvollziehbar, d.h. mit Ermittlung der stetigen Winkeländerung, ob obiger Regelkreis für

i) $K = \frac{1}{3}$, ii) $K = 2$

die BIBO-Eigenschaft besitzt.

b) Ist es möglich, die Phasenreserve Φ_r sowie den Amplitudenrand A_r von der Ortskurve abzulesen? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*) Wenn ja, zeichnen Sie die beiden Größen für $K = 1$ in die Ortskurve ein.