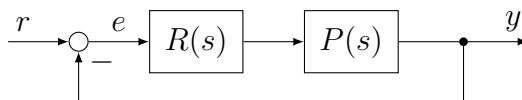


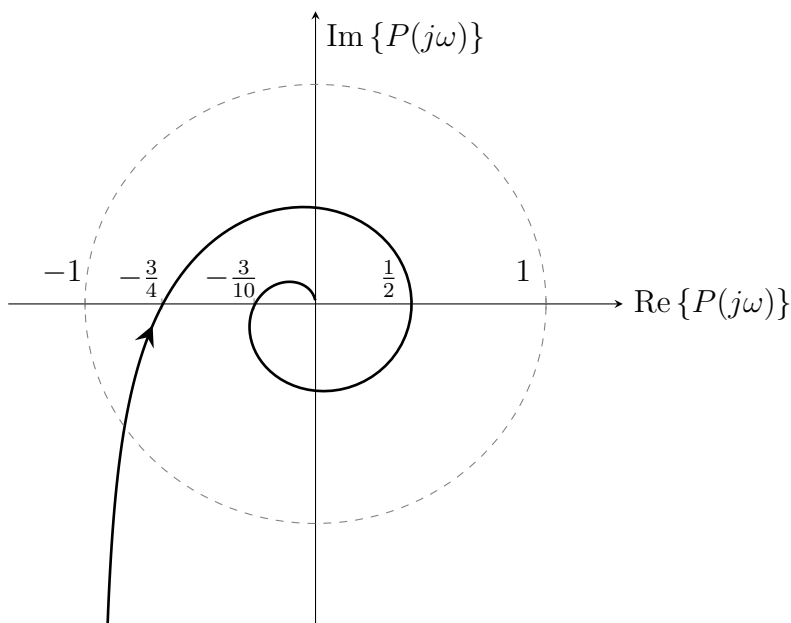


**Aufgabe 1:**

Gegeben sei ein Standardregelkreis mit der Führungsgröße  $r$  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)  $K = \frac{1}{3}$ ,                      ii)  $K = 2$

die BIBO-Eigenschaft besitzt.

- b) Ist es möglich, die Phasenreserve  $\Phi_r$  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.

**Aufgabe 2:**

Gegeben sei das Modell einer Regelstrecke in Form der Übertragungsfunktion

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

Für den zu entwerfenden Regelkreis wurde die Führungsübertragungsfunktion

$$T(s) = \frac{\mu_T(s)}{(s + 5)^2}$$

gewählt, wobei  $\mu_T(s)$  das Zählerpolynom repräsentiert.

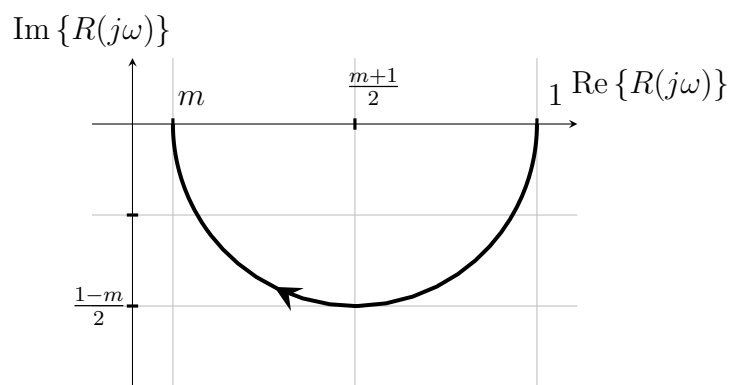
- a) Geben Sie Bedingungen für  $\mu_T(s)$  so an, dass  $T(s)$  implementierbar ist.
- b) Wählen Sie ein Polynom  $\mu_T(s)$  *möglichst niedrigen Grades*, das die Bedingungen
  - i)  $T(s)$  ist implementierbar
  - ii) stationäre Genauigkeit, d.h.  $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t) = 1$  für  $r(t) = \sigma(t)$
 erfüllt.

**Aufgabe 3:**

Zeigen Sie mathematisch, dass die Ortskurve eines Lag-Gliedes mit der Übertragungsfunktion

$$R(s) = \frac{1 + \frac{s}{\omega_Z}}{1 + \frac{s}{\omega_N}} \quad \text{mit } m = \frac{\omega_N}{\omega_Z} < 1$$

einen Halbkreis



mit Radius  $\frac{1-m}{2}$  und Mittelpunkt bei  $\frac{m+1}{2}$  bildet.

*Hinweis:* Betrachten Sie die Übertragungsfunktion  $G(s) = R(s) - \frac{m+1}{2}$

**Aufgabe 4:**

Die Übertragungsfunktion eines *offenen* Regelkreises

$$L(s) = R(s)P(s) = \frac{400}{(s + 0.2)(s + 20)}$$

sei gegeben. Hierbei ist  $R(s)$  die Reglerübertragungsfunktion und  $P(s)$  die Übertragungsfunktion der Strecke.

- Stellen Sie den Frequenzgang  $L(j\omega)$  in Form von BODE-Diagrammen dar.
- Ermitteln Sie näherungsweise die zu erwartende Anstiegszeit  $t_r$  und die Überschwingweite  $M_p$  der Sprungantwort des *geschlossenen* Kreises.
- Wird mit dieser Konfiguration stationäre Genauigkeit für konstante Führungsgrößen erreicht?

*Begründen Sie Ihre Antworten!*

**Aufgabe 5:**

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

$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{x}}{dt} &= \begin{bmatrix} -2 & 1 \\ -4 & 2 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 6 \\ 8 \end{bmatrix} u \\ y &= \begin{bmatrix} 2 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x}. \end{aligned}$$

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

**Aufgabe 6:**

Gegeben sei die *Impulsantwort* eines linearen zeitkontinuierlichen zeitinvarianten Systems mit der Eingangsgröße  $u$  und der Ausgangsgröße  $y$ :

$$g(t) = e^{-3t} + 2e^t$$

Ermitteln Sie die Ausgangsgröße  $y(t)$  für  $u(t) = \sigma(t) + 3\sigma(t - 1)$ .

**Aufgabe 7:**

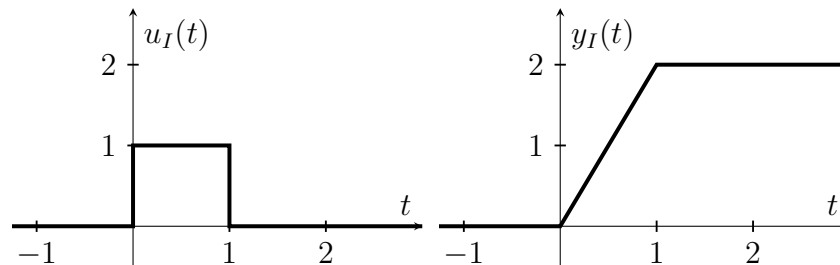
Betrachten Sie die Transitionsmatrix

$$\Phi(t) = \begin{bmatrix} e^{-2t} - 2te^{-2t} & 0 & -2te^{-2t} \\ 4e^{-2t} - 4e^{-t} + 8te^{-2t} & e^{-t} & 8e^{-2t} - 8e^{-t} + 8te^{-2t} \\ 2te^{-2t} & 0 & e^{-2t}(2t + 1) \end{bmatrix}$$

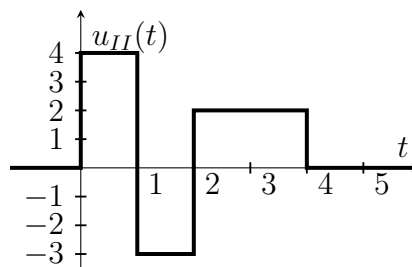
Berechnen Sie die dazugehörige Systemmatrix  $\mathbf{A}$  und deren Eigenwerte.

**Aufgabe 8:**

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. Es wurde sichergestellt, dass die Zustandsgrößen zu Beginn des Experimentes null sind.



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 und die Anfangszustände null sind.

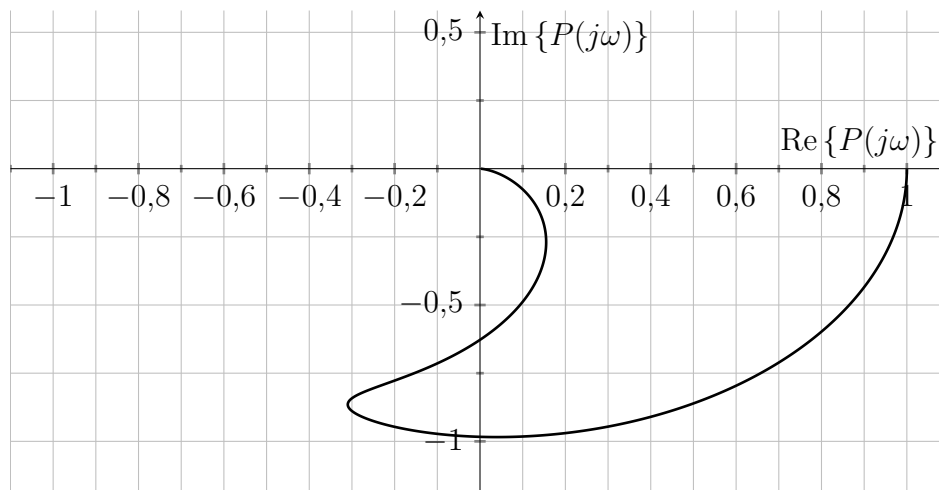


**Aufgabe 1:**

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:*  $\Delta \arg \{1 + L(j\omega)\} = (n_a + 2n_r) \frac{\pi}{2}$   
 $L(s)$  stellt dabei die Übertragungsfunktion des offenen Kreises dar.

**Aufgabe 2:**

Ein mächtiges Werkzeug zum Reglerentwurf ist das sogenannte Frequenzkennlinienverfahren.

- Geben Sie die Übertragungsfunktion eines Lag-Gliedes an. Wie ist das Verhältnis der Parameter  $\omega_z$  und  $\omega_n$  zu wählen?
- Zeichnen Sie typischen Frequenzkennlinien eines Lag-Gliedes.

**Aufgabe 3:**

Gegeben sei das autonome zeitkontinuierliche lineare zeitinvariante System

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \begin{bmatrix} 3 & -2 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} \mathbf{x}$$

mit dem Zustandsvektor  $\mathbf{x}$ . Berechnen Sie den Anfangszustand  $\mathbf{x}_0 = \mathbf{x}(0)$  so, dass für die resultierende Trajektorie  $\mathbf{x}(t=2) = \begin{bmatrix} 1 & 3 \end{bmatrix}^T$  gilt.

**Aufgabe 4:**

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

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

**Aufgabe 5:**

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

- i*)  $p_1(s) = s^5 + 10s^4 + ks^3 + 2s^2 + 5$
- ii*)  $p_2(s) = ks^4 + 2s^3 + k^2s^2 - s + 2$
- iii*)  $p_3(s) = s^3 + 2s^2 + s + k$
- iv*)  $p_4(s) = 15s^2 + ks + 27$

**Aufgabe 6:**

Gegeben sei die Übertragungsfunktion

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

einer Regelstrecke. 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

$$\nu_T(s) = (s + 1)^4(s + 2) = s^5 + 6s^4 + 14s^3 + 16s^2 + 9s + 2.$$

besitzt.

- a) Ermitteln Sie die Parameter des Reglers

$$R(s) = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_2s^2 + a_1s + a_0}$$

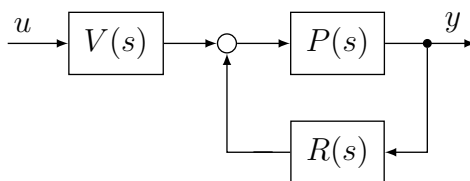
über die Methode der Polvorgabe.

- b) Welches Zählerpolynom  $\mu_T(s)$  ergibt sich mit diesem Regler?



**Aufgabe 7:**

Betrachtet wird die erweiterte Regelkreisstruktur



mit der Regelstrecke

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

und den beiden Reglerübertragungsfunktionen

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

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

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

gilt und der Regler integrierendes Verhalten aufweist.

*Hinweis:* Erweitern Sie, sofern nötig, Zähler und Nenner von  $T(s)$  um das Polynom

$$w(s) = (s+1)^k$$

mit einem geeigneten ganzzahligen Wert für  $k$ .

**Aufgabe 8:**

Betrachten Sie die Transitionsmatrix

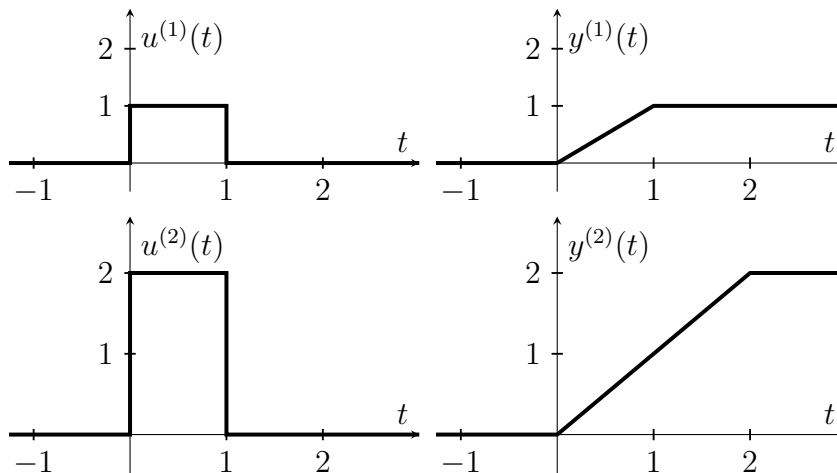
$$\Phi(t) = \begin{bmatrix} e^{-2t} & \frac{2e^{-2t}}{7} - \frac{2e^{5t}}{7} & \frac{2e^{-2t}}{7} - \frac{2e^{5t}}{7} \\ e^t - e^{-2t} & \frac{2e^{5t}}{7} - \frac{2e^{-2t}}{7} + e^t & \frac{2e^{5t}}{7} - \frac{2e^{-2t}}{7} \\ e^{-2t} - e^t & \frac{2e^{-2t}}{7} + \frac{5e^{5t}}{7} - e^t & \frac{2e^{-2t}}{7} + \frac{5e^{5t}}{7} \end{bmatrix}$$

Berechnen Sie die dazugehörige Systemmatrix  $\mathbf{A}$  und deren Eigenwerte.



**Aufgabe 1:**

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 2:**

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.

**Aufgabe 3:**

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

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

Weiters ist bekannt, dass es sich um ein *realisierbares* und *nicht sprungfähiges* System handelt.

Ermitteln Sie  $G(s)$ .

**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

$$R(s) = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_2s^2 + a_1s + a_0}$$

über die Methode der Polvorgabe.

**Aufgabe 5:**

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

$$\begin{aligned} \frac{d\mathbf{x}}{dt} &= \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 2 & -1 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} u \\ y &= [-2 \quad 3] u \end{aligned}$$

Überprüfen Sie, ob das gegebene System

- asymptotische Stabilität
- BIBO-Stabilität

aufweist. (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)

**Aufgabe 6:**

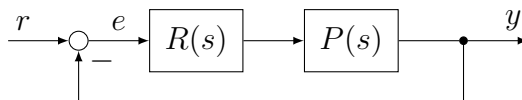
Ermitteln Sie mit Hilfe des Routh-Schemas jeweils den größtmöglichen Wertebereich des reellen Parameters  $k$ , für den die einzelnen Polynome Hurwitzpolynome sind.

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

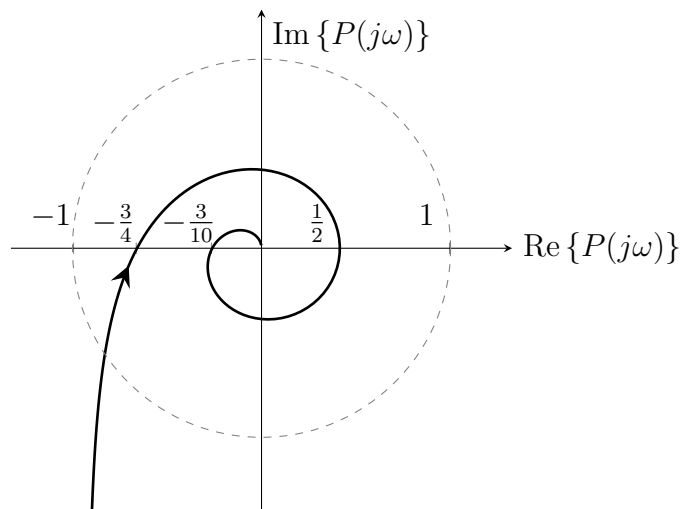
$$ii) \quad p_2(s) = ks^4 + 4s^3 + 6s^2 + 4s + 1$$

**Aufgabe 7:**

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  $\Phi_r$  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.

**Aufgabe 8:**

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)

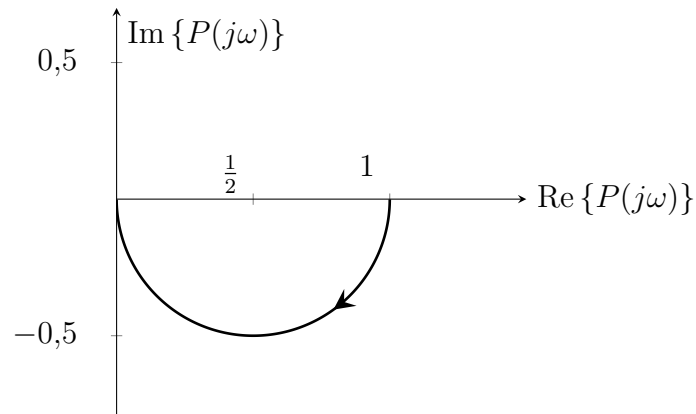


**Aufgabe 1:**

Zeigen Sie in mathematisch nachvollziehbarer Weise, dass die Ortskurve der Übertragungsfunktion

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

einen Halbkreis



mit Radius  $\frac{1}{2}$  und Mittelpunkt bei  $\frac{1}{2}$  bildet.  
(Hinweis: Betrachten Sie  $|P(j\omega) - \frac{1}{2}|$  !)

**Aufgabe 2:**

Betrachten Sie das System

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

mit der Eingangsgröße  $u$ , dem Zustandsvektor  $\mathbf{x}$  und der Ausgangsgröße  $y$ . Geben Sie alle Ruhelagen  $\mathbf{x}_R$  des Systems an, die zur Ausgangsgröße  $y_R = 5$  führen.

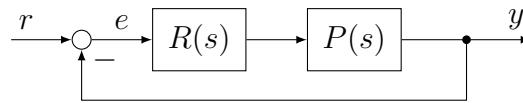
**Aufgabe 3:**

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

- asymptotische Stabilität;
- BIBO-Stabilität.

**Aufgabe 4:**

Gegeben sei ein Standardregelkreis



mit der Regelstrecke

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

und der gewünschten Führungsübertragungsfunktion

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

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

**Aufgabe 5:**

Gegeben sei die Übertragungsfunktion

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

einer Regelstrecke. 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

$$\nu_T(s) = (s+1)^4(s+2) = s^5 + 6s^4 + 14s^3 + 16s^2 + 9s + 2$$

besitzt.

- Ermitteln Sie die Parameter des Reglers

$$R(s) = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_2s^2 + a_1s + a_0}$$

über die Methode der Polvorgabe.

- Welches Zählerpolynom  $\mu_T(s)$  ergibt sich mit diesem Regler?



**Aufgabe 6:**

Die Übertragungsfunktion eines offenen Regelkreises

$$L(s) = \frac{400}{s^2 + 20s}$$

sei gegeben.

- Stellen Sie den Frequenzgang  $L(j\omega)$  in Form von Bode-Diagrammen dar.  
(Hinweis: Betrachten Sie  $L(s) = V \frac{p(s)}{s q(s)}$  !)
- Ermitteln Sie näherungsweise die zu erwartende Anstiegszeit  $t_r$  und die Überschwingweite  $M_p$  der Sprungantwort des geschlossenen Kreises.
- Wie groß ist der zu erwartende stationäre Regelfehler für *rampenförmige* Führungsgrößen ( $r(t) = t\sigma(t)$ )?

**Aufgabe 7:**

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

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

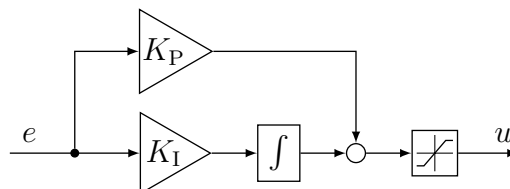
Überprüfen Sie mathematisch nachvollziehbar, ob das gegebene System

- asymptotische Stabilität
- BIBO-Stabilität

aufweist. (Begründen Sie Ihre Antwort!)

**Aufgabe 8:**

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



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



**Aufgabe 1:**

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

- a) Sprungfähigkeit
- b) asymptotische Stabilität

**Aufgabe 2:**

Die Übertragungsfunktion eines *offenen* Standardregelkreises

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

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.

**Aufgabe 3:**

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

- a)  $p_1(s) = ks^5 + 3s^4 + ks^3 + 5s^2 + 0.5s + 2$
- b)  $p_2(s) = ks^4 + 4s^3 + 6s^2 + 4s + 1$

**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

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

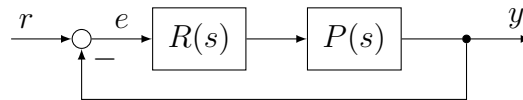
besitzt. Ermitteln Sie die Parameter des Reglers

$$R(s) = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_2s^2 + a_1s + a_0}$$

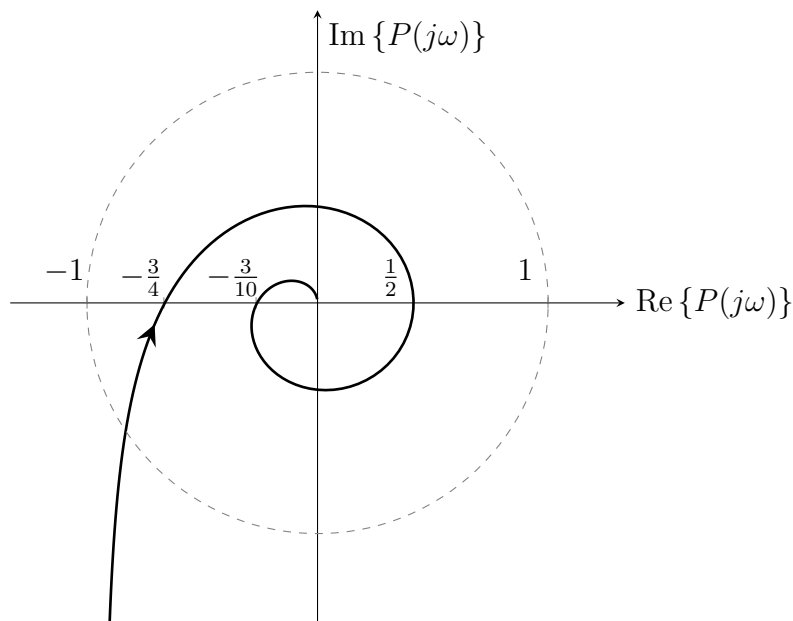
über die Methode der Polvorgabe.

**Aufgabe 5:**

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  $\Phi_r$  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.

**Aufgabe 6:**

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 7:**

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

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

**Aufgabe 8:**

Ermitteln Sie mit der Methode der *Tustin Formel* eine zeitdiskrete Approximation  $R_d(z)$  der Reglerübertragungsfunktion

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

für eine Abtastzeit  $T_d = 1s$ .

- a) Geben Sie das zugehörige Regelgesetz zur Ermittlung der Stellfolge ( $u_k$ ) aus der Regelfehlerfolge ( $e_k$ ) in Form einer Differenzgleichung an.
- b) In welchen Bereich der  $z$ -Ebene geht die linke offene  $s$ -Ebene bei Anwendung der Tustin Formel über?
- c) Ist die ermittelte zeitdiskrete Reglerübertragungsfunktion  $R_d(z)$  *BIBO*-stabil? (*Begründen Sie Ihre Antwort!*)



**Aufgabe 1:**

Gegeben sei die Übertragungsfunktion eines kontinuierlichen, linearen zeitinvarianten Systems mit der Eingangsgröße  $u$  und der Ausgangsgröße  $y$ :

$$G(s) = \frac{s - 10}{2s^2 + 22s + 20}.$$

Zeichnen Sie die Bode-Diagramme und skizzieren Sie die Ortskurve des Systems.

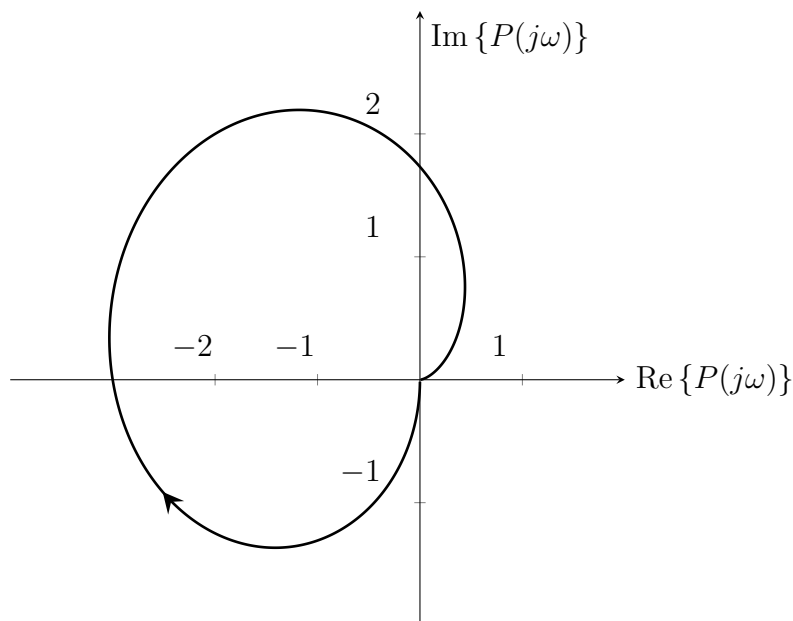
**Aufgabe 2:**

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<sub>1</sub>-Glied);
- Vorhalteglied (DT<sub>1</sub>-Glied).

**Aufgabe 3:**

Zu einer Übertragungsfunktion  $P(s)$  ist die Ortskurve  $P(j\omega)$  für  $0 \leq \omega < \infty$  gegeben:

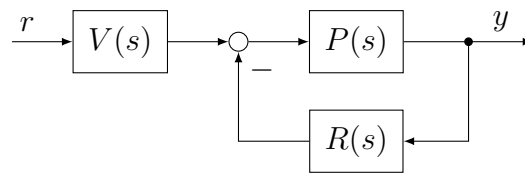


Zu welcher der folgenden Übertragungsfunktionen kann obige Ortskurve prinzipiell gehören? (Begründen Sie Ihre Antwort!)

- |  |   |
|--|---|
| i) $P(s) = \frac{2 - 2s}{(s + 1)(s + 2)},$ | ii) $P(s) = \frac{-2s}{(s + \frac{1}{2})^3},$ |
| iii) $P(s) = \frac{-2s}{(s + 1)(s + 2)},$  | iv) $P(s) = \frac{2 - 2s}{s(s + 2)(s + 3)}.$  |

**Aufgabe 4:**

Gegeben sei folgender Regelkreis mit der Führungsgröße  $r$  und der Ausgangsgröße  $y$ :



Die Übertragungsfunktion der Regelstrecke lautet

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

- a) Untersuchen Sie folgende Führungsübertragungsfunktionen  $T(s)$  auf Implementierbarkeit:

$$i) T(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1} \qquad ii) T(s) = \frac{s^2 + s - 2}{(s+1)^4}$$

- b) Wählen Sie die einzig mögliche implementierbare Führungsübertragungsfunktion  $T(s)$  aus und dimensionieren Sie einen *integrierenden Regler* in Form der Übertragungsfunktionen  $R(s)$  und  $V(s)$  so, dass der geschlossene Kreis das gewählte Führungsverhalten aufweist.

**Aufgabe 5:**

Gegeben sei ein lineares zeitinvariantes System mit der Eingangsgröße  $u$ , der Ausgangsgröße  $y$  und der Übertragungsfunktion

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

Dabei ist  $\alpha$  ein reeller Parameter. Ermitteln Sie den größtmöglichen Wertebereich des Parameters  $\alpha$  so, dass die Übertragungsfunktion BIBO-stabil ist.

**Aufgabe 6:**

Ermitteln Sie mit der Methode nach Tustin eine zeitdiskrete Approximation  $R_d(z)$  der Reglerübertragungsfunktion

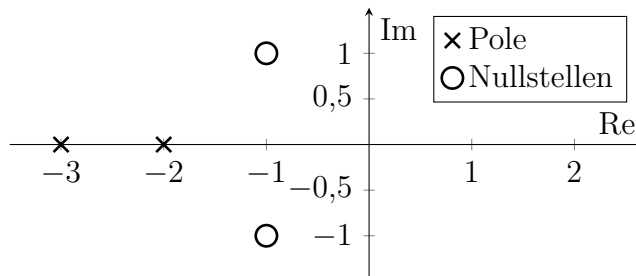
$$R(s) = \frac{28s - 20}{s + 7}$$

für eine Abtastzeit  $T_d = 2$ . Geben Sie das zugehörige Regelgesetz zur Ermittlung der Stellfolge  $(u_k)$  aus der Regelfehlerfolge  $(e_k)$  in Form einer Differenzgleichung an.



**Aufgabe 7:**

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



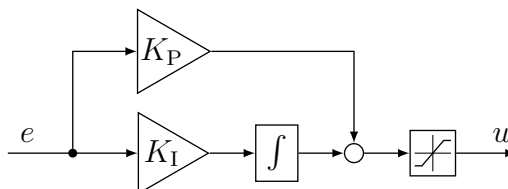
Ferner ist bekannt, dass die Ausgangsgröße  $y(t)$  für die Eingangsgröße  $u(t) = \sigma(t)$  (d.h. für einen Einheitsprung) die Relation

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

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

**Aufgabe 8:**

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?