

# Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik II** am 04.07.2018

Name / Vorname(n):

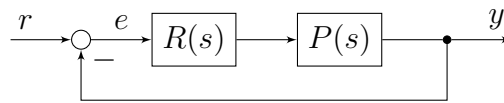
Matrikel-Nummer:

---

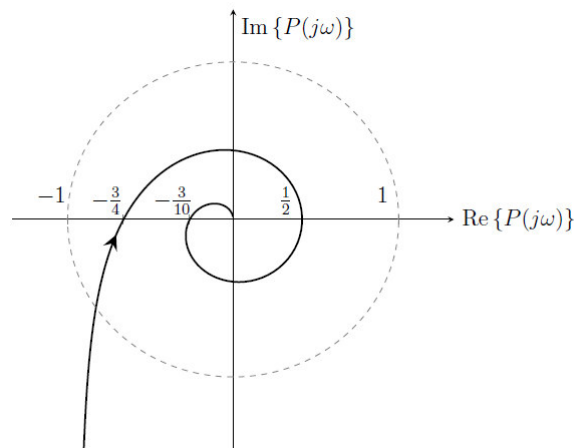
Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Summe
erreichbare Punkte	4	4	4	3	3	3	21
erreichte Punkte							

**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:



- Als Regler wird ein Proportionalregler  $R(s) = K$  mit dem reellen, *positiven* Parameter  $K > 0$  eingesetzt. Bestimmen Sie mit Hilfe des Nyquist-Kriteriums nachvollziehbar (mit Fallunterscheidung und Ermittlung der stetigen Winkeländerung für jeden Fall) den größtmöglichen Wertebereich des Parameters  $K$ , für den obiger Regelkreis BIBO-stabil ist.
- Welche Bedingungen müssen gelten um das vereinfachte Schnittpunkt-Kriterium anwenden zu können? Sind diese Bedingungen bei diesem Beispiel erfüllt?
- Zeichnen Sie die Phasenreserve  $\Phi_r$  sowie den Amplitudenrand  $A_r$  für den Fall  $K = 1$  in die Ortskurve ein. Welche Aussage liefert hier das Vereinfachte Schnittpunktkriterium?

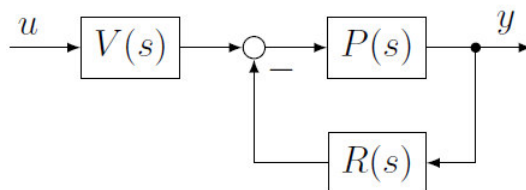
**Aufgabe 2:**

Bei der analytischen Reglersynthese ist immer die gewünschte Führungsübertragungsfunktion  $T(s)$  vorzugeben. Beschreiben Sie

- die Vorgabe über Anstiegszeit und Überschwingen,
- die Vorgabe mit Hilfe der Spektralfaktorisierung.

**Aufgabe 3:**

Betrachtet wird die erweiterte Regelkreisstruktur



mit der Regelstrecke

$$P(s) = \frac{7}{s^4 - 3s + 8}$$

- Wie müssen die Reglerübertragungsfunktionen  $R(s)$  und  $V(s)$  angenommen werden, damit unter der Annahme keiner Zusatzwünsche die Lösung eindeutig ist?
- Worauf ist bei der Realisierung der Regler aus a) zu achten? Geben Sie eine mögliche Realisierung an.
- Wie kann der Reglerentwurf modifiziert werden um harmonische Störungen unterdrücken zu können. Beschreiben Sie die Vorgangsweise und geben Sie die Zusatzbedingung(en) für eine Reglerordnung  $\rho = 2$  an.

**Aufgabe 4:**

Beschreiben Sie den flachheitsbasierten Entwurf einer Vorsteuerung für den Standardregelkreis.

- Was versteht man unter einem flachen Ausgang? Wie kann dieser gefunden werden?
- Beschreiben Sie die Grundidee beim Entwurf. *Erstellen Sie zur Verdeutlichung eine Skizze!*
- Gegeben sei die Strecke

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

Die Ausgangsgröße  $y$  soll vom Arbeitspunkt  $y = 1$  in einen Arbeitspunkt  $y = -3$  (in Zeit  $t_1$ ) übergeführt werden. Bestimmen Sie eine Wunschtrajektorie für den flachen Ausgang.

Hinweis: Tabelle für polynomiale Referenztrajektorien

n	$\tilde{\gamma}_{n+1}$	$\tilde{\gamma}_{n+2}$	$\tilde{\gamma}_{n+3}$	$\tilde{\gamma}_{n+4}$	$\tilde{\gamma}_{n+5}$	$\tilde{\gamma}_{n+6}$
1	3	-2				
2	10	-15	6			
3	35	-84	70	-20		
4	126	-420	540	-315	70	
5	462	-1980	3465	-3080	1386	-252

**Aufgabe 5:**

Gegeben sei die Übertragungsfunktion

$$P(s) = \frac{(s - 6)}{s(s - 1)(s - 6)}$$

einer Regelstrecke. Es soll nun ein Standardregelkreis so ausgelegt werden, dass seine Führungsübertragungsfunktion lauter Pole bei  $s = -1$  besitzt.

- a) Ermitteln Sie den zugehörigen Regler  $R(s)$  über die Methode der *Polvorgabe*.
- b) Kann es bei der Polvorgabe zu instabilen Kürzungen kommen? Begründen Sie ihre Antwort
- c) Was versteht man unter interner Stabilität eines Regelkreises?

**Aufgabe 6:**

Zum Reglerentwurf mit dem Frequenzkennlinienverfahren werden oft spezielle Korrekturglieder eingesetzt.

- a) Geben Sie die Übertragungsfunktion eines Lead-Gliedes an. Wie sind die beiden Parameter der Übertragungsfunktion zu wählen? Wie ist die Vorgangsweise beim Entwurf?
- b) Zeichnen Sie typischen Frequenzkennlinien eines Lead-Gliedes. Welche maximale Phasenänderung ist damit möglich?

# Schriftliche Prüfung aus **Regelungstechnik II** am 12.10.2018

Name / Vorname(n):

Matrikel-Nummer:

---

Aufgabe	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Summe
erreichbare Punkte	3	3	3	4	4	4	21
erreichte Punkte							

**Aufgabe 1:**

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 2:**

Für eine Regelstrecke

$$P(s) = \frac{\mu(s)}{\nu(s)}$$

soll eine Führungsübertragungsfunktion  $T(s)$  so bestimmt werden, dass für sprungförmige Führungsgrößen  $r(t)$  das Gütekriterium

$$J = \int_0^{\infty} [r(t) - y(t)]^2 + \delta [u(t) - u_{\infty}]^2 dt$$

minimiert wird. Dabei bezeichnet  $u_{\infty}$  den Grenzwert von  $u(t)$  für  $t \rightarrow \infty$ . Leider gehen durch einen Festplattendefekt die Daten des Entwurfs verloren. Im Zuge einer Datenrettung kann lediglich rekonstruiert werden, dass

$$\Delta(s) = \nu(s)\nu(-s) + \frac{1}{\delta}\mu(s)\mu(-s) = s^4 - 20s^2 + 64$$

und

$$\mu(s) = s - 4$$

gilt.

Rekonstruieren Sie aus diesen Informationen die optimale Führungsübertragungsfunktion. (*Hinweis:* Es ist nicht notwendig und auch nicht möglich,  $\nu(s)$  bzw.  $\delta$  zu ermitteln.)

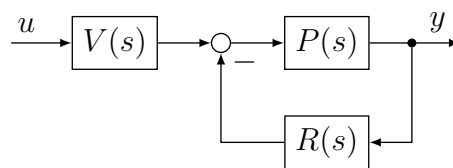
**Aufgabe 3:**

Beschreiben Sie den flachheitsbasierten Entwurf einer Vorsteuerung für den Standardregelkreis.

- Was versteht man unter einem flachen Ausgang? Wie kann dieser gefunden werden?
- Beschreiben Sie die Unterschiede zwischen einem flachheitsbasierten Entwurf und einem Entwurf durch direkte Inversion der Regelstrecke. *Erstellen Sie zur Verdeutlichung Skizzen!*

**Aufgabe 4:**

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

$$R(s) = \frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{a_2s^2 + a_1s + a_0}, \quad V(s) = \frac{c_2s^2 + c_1s + c_0}{a_2s^2 + a_1s + a_0}.$$

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 5:**

Die Übertragungsfunktion eines *offenen* Regelkreises

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

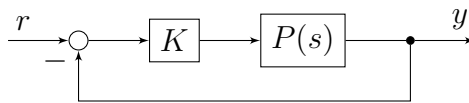
sei gegeben. Hierbei ist  $R(s)$  die Reglerübertragungsfunktion und  $P(s)$  die Übertragungsfunktion der Strecke.

- 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 6:

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



Die Übertragungsfunktion der Strecke lautet

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

und  $K$  ist ein positiver reeller Parameter.

- Zeichnen Sie die Bode-Diagramme des Frequenzgangs  $P(j\omega)$ .
- Zeichnen Sie mit Hilfe der Bode-Diagramme die Frequenzgangsortskurve.
- Bestimmen Sie mit Hilfe des NYQUIST-Kriteriums nachvollziehbar (d.h. mit Fallunterscheidung und Ermittlung der stetigen Winkeländerung für jeden Fall) den größtmöglichen Wertebereich des *positiven* Parameters  $K$ , für den obiger Regelkreis die BIBO-Eigenschaft besitzt.