



Probeklausur Einführung in die Regelungstechnik
Teil 1 - MIT LÖSUNGEN

Name, Vorname: _____

Fachrichtung: _____

Matrikelnummer: _____

Beachten Sie folgende Regeln zu Teil 1 der Prüfung:

- Prüfungszeit: **30 min.**
- Teil 1 der Prüfung umfasst **10 Seiten** (8 Aufgaben, 18 Punkte).
- Die folgenden Aufgaben sind **ohne Hilfsmittel** zu lösen.
- Alle Antworten bitte in die dafür vorgesehenen Felder eintragen.
- Das letzte Blatt kann für Nebenrechnungen und Notizen verwendet werden, dieses wird nicht korrigiert und muss nicht abgegeben werden.

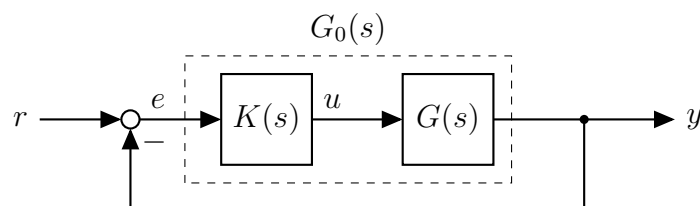


Abbildung 1: Standardregelkreis.

Aufgabe 1 (2 Punkte)

Beschriften Sie die folgenden Größen des Standardregelkreises aus Abbildung 2.

r	u
e	η
z	y

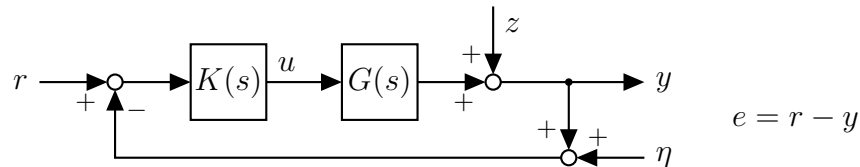


Abbildung 2: Erweiterter Standardregelkreis.

Führungsgröße:	r	Stellgröße:	u
Lösung: Regelfehler:	e	Messrauschen:	η
Störgröße:	z	Regelgröße:	y

Aufgabe 2 (2 Punkte)

Bestimmen Sie, ob die Übertragungsfunktion des geschlossenen Kreises gemäß Abbildung 1 mit folgendem Regler und Strecke asymptotisch stabil ist.

Strecke:

$$G(s) = \frac{s + 3}{2s^2 + 3s - 4}$$

Regler:

$$K(s) = 2$$

Lösung: Der geschlossene Regelkreis ist

☒ Stabil

☐ Instabil

Aufgabe 3 (2 Punkte)

In Abbildung 3 ist das Bodediagramm eines asymptotisch stabilen offenen Kreises G_0 gegeben. Bestimmen Sie näherungsweise die Amplitudenreserve A_r sowie Phasenreserve φ_r des geschlossenen Standardregelkreises nach Abbildung 1. Markieren Sie die Größen A_r und φ_r in Abbildung 3.

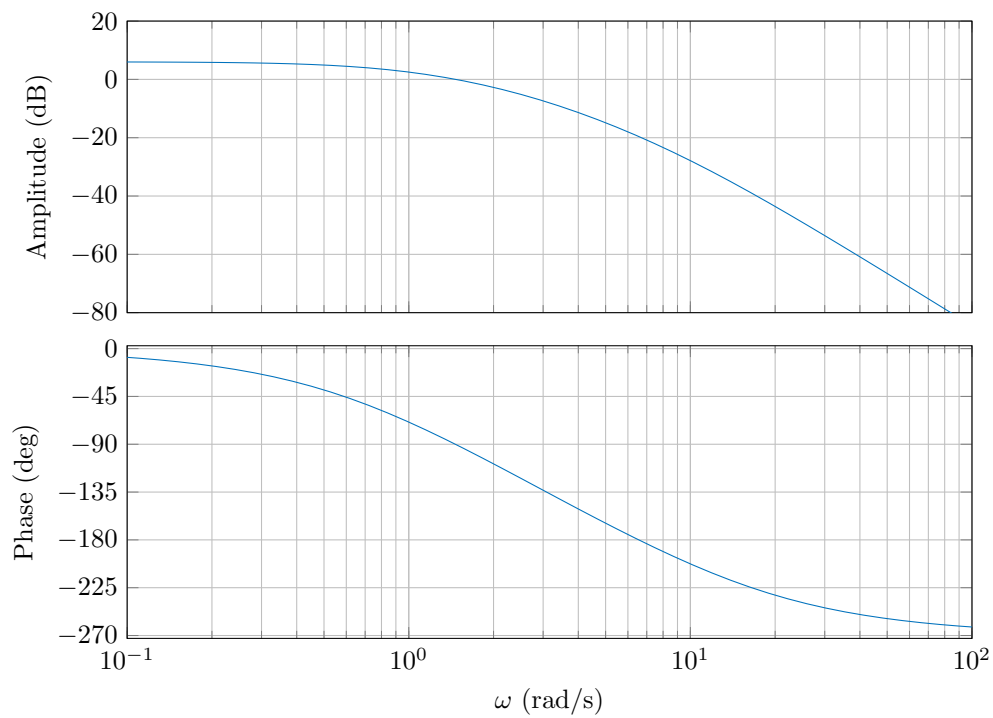


Abbildung 3: Bodediagramm des offenen Kreises G_0 .

Lösung: Siehe Abbildung 4.

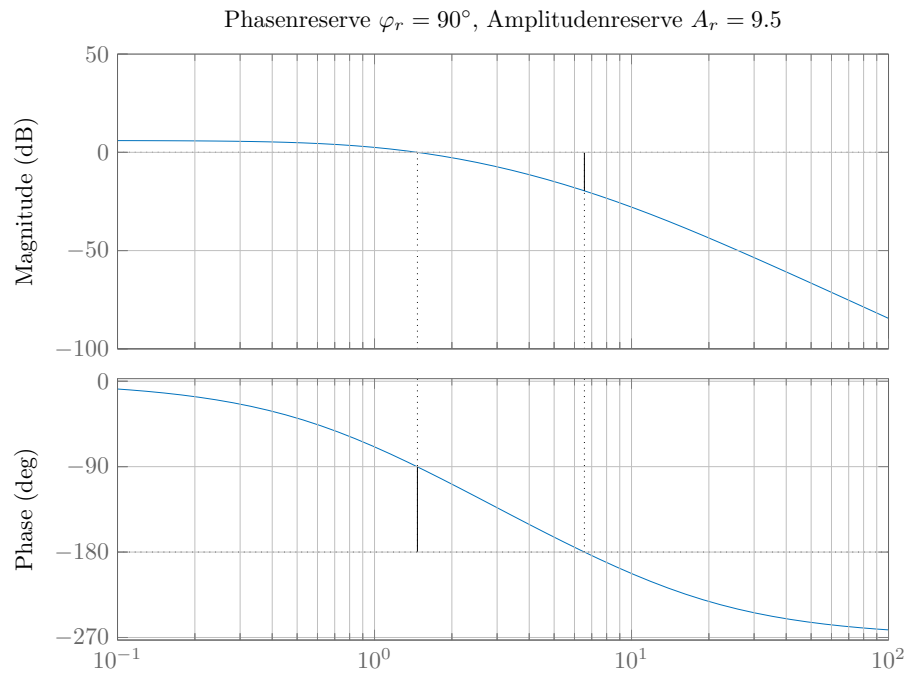


Abbildung 4: Bodediagramm des offenen Kreises G_0 mit Amplitudenreserve A_r sowie Phasenreserve φ_r .

Aufgabe 4 (2 Punkte)

In Abbildung 5 ist die Ortskurve der Regelstrecke G dargestellt, welche drei Pole mit positivem Realteil und keine Pole auf der imaginären Achse hat. Der geschlossene Regelkreis nach Abbildung 1 soll mit einem P-Regler $K(s) = k_p$ mit $k_p \in \mathbb{R}$ und $k_p > 0$ stabilisiert werden. Geben Sie alle stabilisierenden Werte für k_p an.

Lösung: $k_p \in (\frac{2}{3}, 3)$

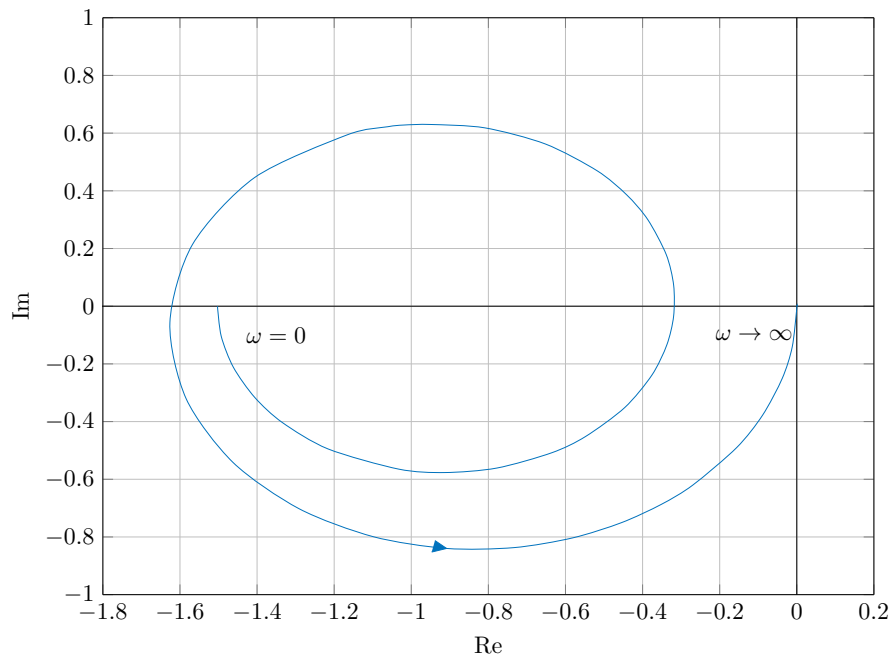


Abbildung 5: Ortskurve der Regelstrecke G .

Aufgabe 5 (4 Punkte)

Gegeben sei eine steuerbare Strecke mit Zustandsregler und Vorfilter gemäß Abbildung 6.

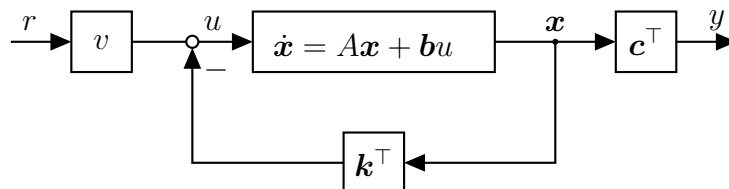


Abbildung 6: Blockschaltbild der Strecke mit Regler und Vorfilter.

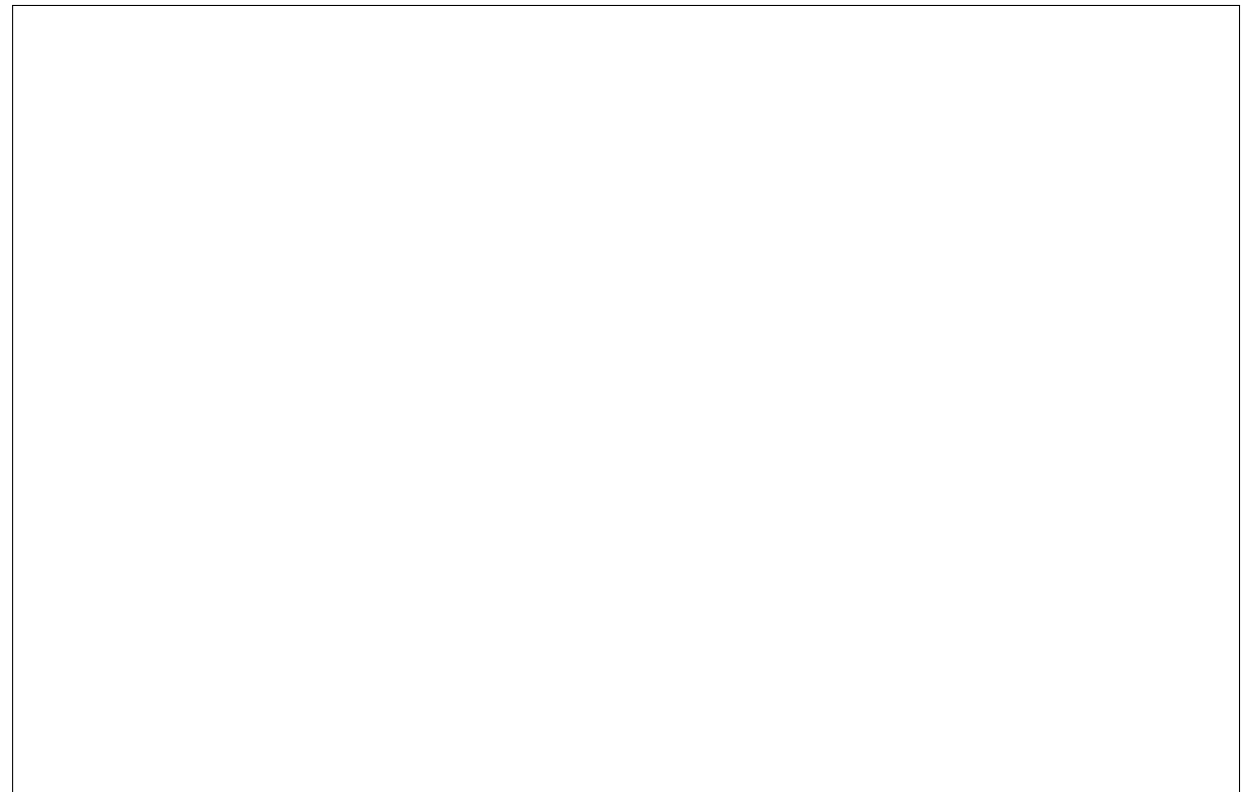
Es sei

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 3 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{c}^\top = \begin{bmatrix} 2 & 0 \end{bmatrix}.$$

Bestimmen Sie zunächst den Vektor $\mathbf{k}^\top$ der Zustandsrückführung, so dass die Pole des geschlossenen Kreises bei -2 und -3 liegen. Berechnen Sie anschließend das Vorfilter v , so dass keine bleibende Regelabweichung auftritt.

Hinweis: Die Inverse einer 2x2-Matrix ist gegeben durch

$$\begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{ad - bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix}.$$



Lösung: $\mathbf{k} = [8, 8]^\top$, $v = 3$.

Aufgabe 6 (2 Punkte)

Gegeben sei das System

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= \begin{bmatrix} -4 & 0 \\ 2 & 3 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \\ y &= \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{x}\end{aligned}$$

Geben Sie die Beobachtbarkeitsmatrix und Steuerbarkeitsmatrix an.

Das System ist ...

- | | |
|---|---|
| ☐ ...beobachtbar und steuerbar. | ☐ ...beobachtbar aber nicht steuerbar. |
| ☐ ...nicht beobachtbar aber steuerbar. | ☐ ...weder beobachtbar noch steuerbar. |

Lösung:

$$S_0 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} \quad B_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -4 & 0 \end{bmatrix}$$

Das System ist ...

- | | |
|---|--|
| ☐ ...beobachtbar und steuerbar. | ☐ ...beobachtbar aber nicht steuerbar. |
| ☐ ...nicht beobachtbar aber steuerbar. | ☒ ...weder beobachtbar noch steuerbar. |

Aufgabe 7 (2 Punkte)

Das System

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}} &= A\mathbf{x} + \mathbf{b}u \\ y &= \mathbf{c}^\top \mathbf{x}\end{aligned}$$

soll mit einem Beobachter und Zustandsregler

$$u(\hat{\mathbf{x}}) = -\mathbf{k}^\top \hat{\mathbf{x}}$$

stabilisiert werden.

Geben Sie die Gleichung für einen Luenberger-Beobachter und die Dynamik des Beobachterfehlers an.

Lösung:

$$\begin{aligned}\dot{\hat{\mathbf{x}}} &= (A - \mathbf{b}\mathbf{k}^\top)\hat{\mathbf{x}} + \mathbf{e}(y - \hat{y}) \\ \dot{\epsilon} &= (A - \mathbf{e}\mathbf{c}^\top)\epsilon\end{aligned}$$

Aufgabe 8 (2 Punkte)

In Abbildung 7 ist das Blockschaltbild einer Strecke G dargestellt.

- a) Ergänzen Sie Abbildung 7 um einen Regelkreis und Vorsteuerung für ein Referenzsignal r zu einer Reglerstruktur mit zwei Freiheitsgraden (2-DOF). (1 Punkt)
- b) Die Vorteile dieser Reglerstruktur sind ... (1 Punkt)
- ☐ ... messbare Ausgangsstörungen können entkoppelt werden.
 - ☐ ... Regler und Vorsteuerung können unabhängig voneinander ausgelegt werden.
 - ☐ ... die Strecke ist dadurch immer steuerbar.

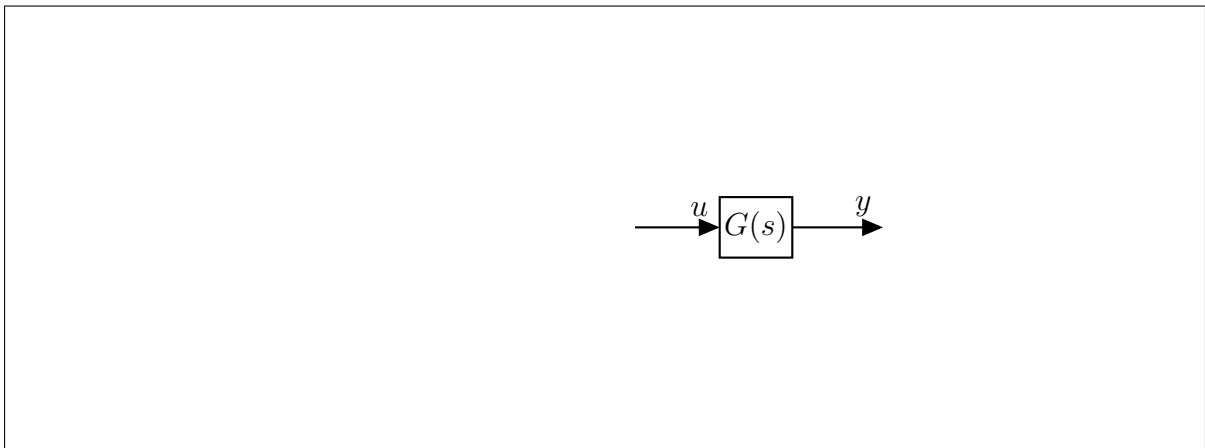


Abbildung 7: Zu ergänzendes Blockschaltbild der Strecke G .

Lösung: Siehe Abbildung 8.

- ☐ ... messbare Ausgangsstörungen können entkoppelt werden.
- ☒ ... Regler und Vorsteuerung können separat ausgelegt werden.
- ☐ ... die Strecke ist dadurch immer Steuerbar.

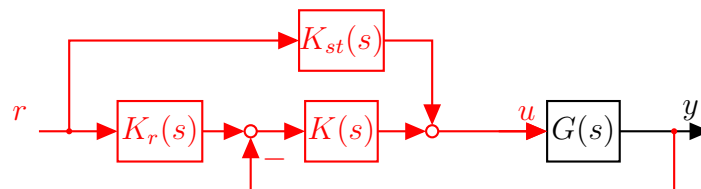


Abbildung 8: Blockschaltbild des geschlossenen Kreises mit 2-Freiheitsgrade-Regler.

Seite für Nebenrechnungen und Notizen.

Dieses Blatt wird nicht korrigiert und muss nicht abgegeben werden.