

## Übungsaufgaben zur Frequenzbereichsmethodik

### Übungsaufgabe 2.1 Zweistufige Zwei-Freiheitsgrade-Regelung

Gegeben ist das in Abb. 1 dargestellte System, das aus einem inneren Regelkreis mit der Übertragungsfunktion  $G_i^r(s)$  und der äußeren Strecke  $G_a(s)$  besteht. Nachdem der innere Regelkreis ausgelegt wurde, soll eine Zwei-Freiheitsgrade-Struktur verwendet werden um gleichzeitig ein gutes Folgeverhalten zum Referenzsignal  $Y_d(s)$  und eine Unterdrückung der Störung  $Z(s)$  zu gewährleisten.

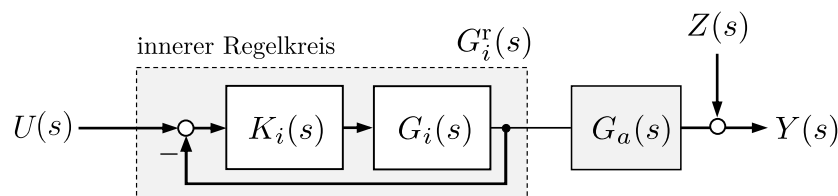


Abbildung 1: Zweistufiges System mit unterlagertem Regelkreis.

Zunächst wird nur der innere Regelkreis betrachtet.

- a) Für die innere Strecke  $G_i(s)$  ist lediglich ein Zustandsraummodell mit den Systemmatrizen

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & -1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{und} \quad \mathbf{C} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \end{pmatrix}$$

verfügbar. Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion  $G_i(s)$  und analysieren Sie die Stabilität.

- b) Berechnen Sie die Übertragungsfunktion des geregelten inneren Kreises  $G_i^r(s)$  für einen allgemeinen Regler  $K_i(s) = Z_K(s)/N_K(s)$ . Zur Stabilisierung stehen die Reglertypen  $K_P(s) = K_0$ ,  $K_{PD}(s) = K_0 + sK_1$  und  $K_{PI}(s) = K_0 + K_2/s$  zur Verfügung. Prüfen Sie welche Typen geeignet sind.
- c) Um eine hinreichend schnelle unterlagerte Regelung zu gewährleisten, ist eine reine Stabilisierung allein nicht ausreichend. Welcher der obigen Regler ist geeignet, wenn das geregelte System einen doppelten Pol bei  $s = 1/T$  haben soll? Bestimmen Sie den/die Reglerparameter in Abhängigkeit von  $T$ .

*Hinweis:* Versuchen Sie für die gegebenen Reglertypen das Nennerpolynom des geschlossenen Kreises auf die Form  $(sT + 1)^2$  zu bringen.

Der innere Regelkreis wird im Folgenden mit einer Zeitkonstante  $T = 1$  betrieben. Verwenden Sie

$$G_i^r(s) = \frac{s + 3}{s^2 + 2s + 1}$$

falls Sie den Aufgabenteil c) nicht lösen konnten. Die äußere Strecke besitzt die ÜTF

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

Für den äußeren Kreis soll nun die Zwei-Freiheitsgrade-Regelung bestehend aus Vorsteuerung  $V_F(s)$  und Stabilisierung  $K_a(s)$  ausgelegt werden.

- d) Erweitern Sie das Blockschaltbild aus Abb. 1 um  $V_F(s)$ ,  $K_a(s)$  und das Sollsignal  $Y_d(s)$  und bestimmen Sie die Übertragungsfunktion  $Y(s) = G_{ydy}(s)Y_d(s) + G_{zy}(s)Z(s)$  in Abhängigkeit von  $K_a(s)$  und  $V_F(s)$ .
- e) Bestimmen Sie die ideale Vorsteuerung  $V_F^*(s)$  welche für ein ideales Folgeverhalten  $G_{ydy}(s) \stackrel{!}{=} 1$  benötigt wäre. Warum ist diese nicht realisierbar? Geben Sie eine möglichst gute, realisierbare Approximation  $V_F(s)$  an.
- f) Für die Rückführung soll der P-Regler  $K_a = \text{const.}$  verwendet werden. Berechnen Sie mit Hilfe des Hurwitz-Kriteriums (VZB&BWB) einen Bereich  $K_{a,\min} < K_a < K_{a,\max}$  für den das geregelte System asymptotisch stabil ist.