

5 Kaskadenregelung

a) Fasse das Stellglied zusammen:

• Rückgeführter Integrator: $G_I = \frac{1}{T_I s + 1}$

• Differenzierer mit Verzögerung: $G_{II} = \frac{\frac{b_2}{a_0} \cdot s}{T_D s + 1}$

$$\frac{b_2}{a_0} = T_x$$

$$\frac{1}{a_0} = T_y$$

$$\Rightarrow G = 1 \cdot e^{-T_L s} \left(\frac{1}{T_I s + 1} + \frac{T_x s}{T_D s + 1} \right) = e^{-T_L s} \left(\frac{T_I T_x s^2 + (T_x + T_D) s + 1}{T_I T_D s^2 + (T_I + T_D) s + 1} \right)$$

$$= e^{-T_L s} \frac{T_I \frac{b_2}{a_0} s^2 + \left(\frac{b_2}{a_0} + \frac{1}{a_0} \right) s + 1}{T_I \frac{1}{a_0} s^2 + (T_I + \frac{1}{a_0}) s + 1} = e^{-T_L s} \frac{p_2 s^2 + p_1 s + p_0}{q_2 s^2 + q_1 s + q_0}$$

$$\Rightarrow V_{ers} = \frac{p_0}{q_0} = \frac{1}{1} = 1$$

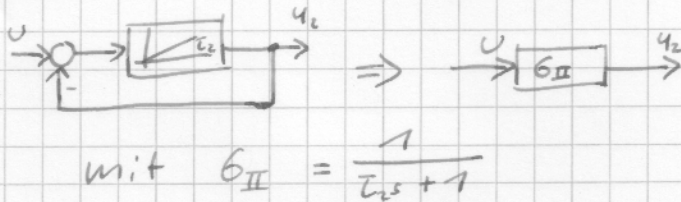
$$\begin{aligned} \Rightarrow T_{ers} &= \frac{q_1}{q_0} - \frac{p_1}{p_0} \left[+ T_L \right]^{*1} = \frac{b_2}{a_0} + \frac{1}{a_0} - T_I - \frac{1}{a_0} + T_L \\ &= T_D - T_I + T_L \end{aligned}$$

*1: $+ T_L$ kommt zum T_{ers} dazu, weil der $e^{-T_L s}$ -Term nicht mit eingemultipliziert wurde.

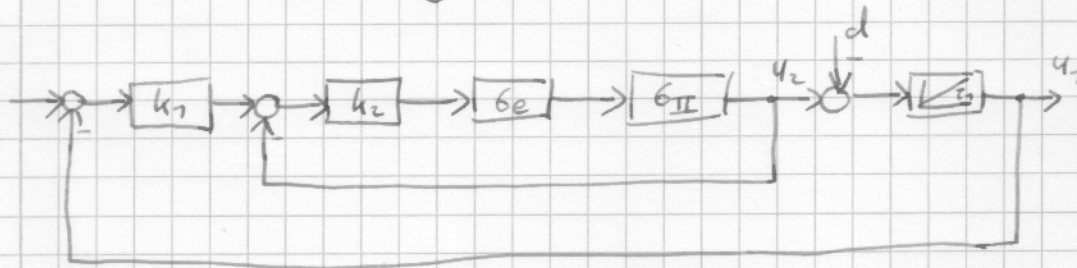
b) Wichtig: Aus Aufgabentext geht hervor:

- Innere Kaskade regelt y_2
- Äußere Kaskade regelt y_1

Vorher wird noch der rückgeführte Integrator nach dem Stellglied vereinfacht:



$$\text{mit } G_{II} = \frac{1}{T_{II}s + 1}$$



Für G_e gelten dabei die ermittelten Parameter aus Aufgabenteil a).

c) stat. Führungsgenauigkeit $\Rightarrow$ I-Anteil im Regler

K sollte so gewählt werden, dass die Gesamt-ÖF möglichst einfach bleibt. Bestimme zunächst die Gesamt-ÖF G_F der inneren Rückkoppelung bei geschlossenen Schleifen:

$$G_F = \frac{K_2 G_e G_H}{1 + K_2 G_e G_H}$$

$$K_2 \cdot G_e \cdot G_H = K_2 \cdot \frac{V_{PI} s^1}{T_{PI} s + 1} \cdot \frac{1}{T_2 s + 1}$$

T_{PI} darf hier nicht rausgehört werden. Also wählen wir K_2 so, dass es im ~~Denominator~~ Zähler $T_2 s + 1$ hat.

$$\Rightarrow \text{PI-Glied mit } K = V_{PI} \frac{T_2 s + 1}{T_2 s}$$

$$\Rightarrow \text{Da wir } T_2 s + 1 \text{ kürzen wollen folgt } T_{PI} = T_2 //$$

$$\Rightarrow K_2 \cdot G_e \cdot G_H = \frac{V_{PI}}{(T_2 s + 1) T_2 s} = \frac{V_{PI}}{T_2 s^2 + T_2 s}$$

$$\Rightarrow G_F = \frac{1}{\frac{T_2 s T_2}{V_{PI}} s^2 + \frac{T_2}{V_{PI}} s + 1}$$

Identifiziere nun den Nenner mit der Dämpfungs-gl:

$$\frac{1}{\omega_0^2} s^2 + \frac{2D}{\omega_0} s + 1 \Rightarrow \frac{1}{\omega_0^2} = \frac{T_2 s T_2}{V_{PI}}, \quad \frac{2D}{\omega_0} = \frac{2}{\omega_0 \sqrt{2}} = \frac{T_2}{V_{PI}} \quad | ()^1$$

$$\frac{1}{\omega_0^2} \cdot 2 = \frac{T_2^2}{V_{PI}} \Rightarrow \frac{2 \cdot T_2 s T_2}{V_{PI}} = \frac{T_2^2}{V_{PI}} \Rightarrow V_{PI} = \frac{T_2}{2 \cdot T_2} //$$

d) Gesamt-ÜT der inneren Kaskade:

$$G_T = \frac{1}{\frac{\tau_{ers}^2 \cancel{k_2} \cdot 2}{\cancel{k_2}} s^2 + \frac{2 \cancel{k_2} \tau_{ers}}{\cancel{k_2}} s + 1}$$

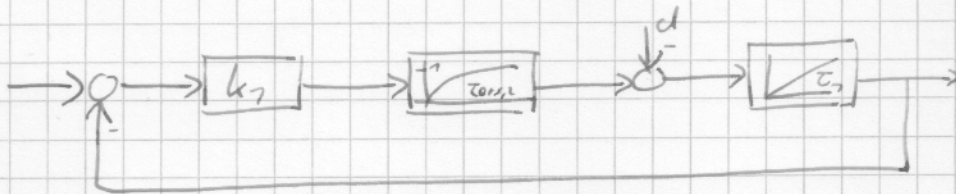
$$= \frac{1}{2 \tau_{ers}^2 s^2 + 2 \tau_{ers} s + 1}$$

Berechnung
wie in a)

$$V_{ers,2} = 1$$

$$\tau_{ers,2} = (2 \tau_{ers} / 1) - 0 = 2 \tau_{ers}$$

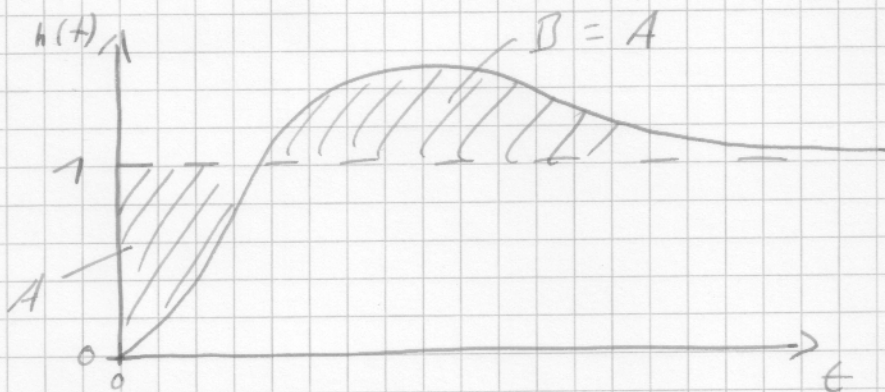
= Ersatzparameter des Approximierten PT1-Glieds.



- e) Für stationäre Genauigkeit muss ein integrierender Regler verwendet werden. Verwende zur Auslegung das symmetrische Optimum (Skript S. 163)
Es gilt: $\alpha = 2D + 1 = 2 \cdot 2 + 1 = 5$

$$V_{h1} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\tau_1}{\tau_{err,2}} = \frac{\tau_1}{10 \cdot \tau_{err}}$$

$$\tau_{h1} = \alpha^2 \cdot \tau_{err,2} = 25 \cdot 2 \cdot \tau_{err} = 50 \cdot \tau_{err}$$



- 1) Überdämpfungen.