

EDS-Laborversuch 2

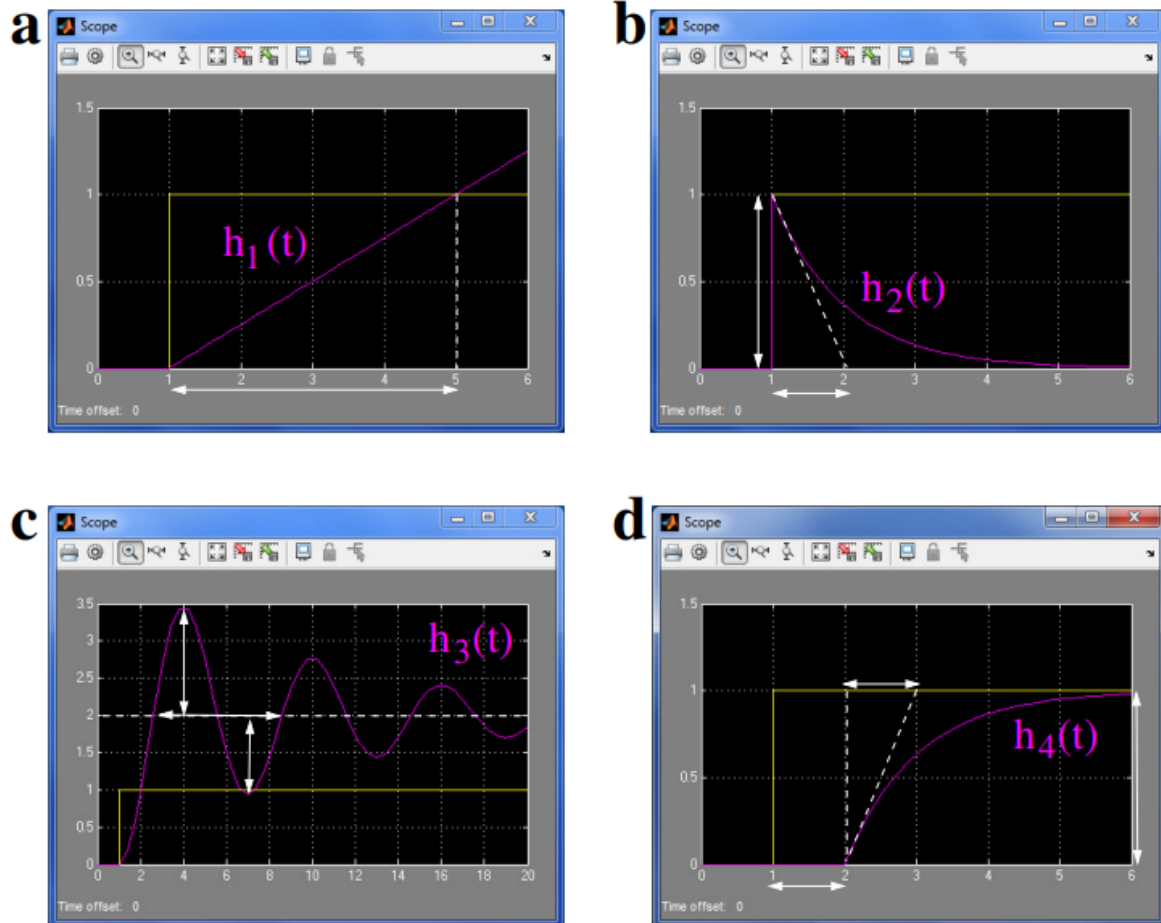
PRAKTIKUM EREIGNISDISKRETE SYSTEME

FABIAN BRZESINA

Aufgabe 1:

Thema: Simulink Grundlagen

Die nachfolgenden Abbildungen (a) bis (d) zeigen die gemessenen Übergangsfunktionen (d.h. Antworten auf den Einheitssprung) $h(t)$ von vier unterschiedlichen regelungstechnischen Übertragungsgliedern:



- Um welchen Typ Übertragungsglied handelt es sich jeweils (z.B. I-, PT1Tt-, PT2Tt-, PD-, PT2-, PTt-, PID- oder DT1-Glied)?
 - a ist ein I-Glied
 - b ist ein DT1-Glied
 - c ist ein PT2-Glied
 - d ist ein PT1-Tt-Glied, also ein PT1-Glied verkettet mit einem Totzeitglied (Tt-Glied)
- Schätzen Sie die jeweils relevanten Parameter des Übertragungsglieds (z.B. KP und T1 für ein PT1-Glied)!

$$h_1(t) = \frac{1}{T_t} (t) = \frac{1}{T_t} (t - 1)$$

$$1 = \frac{1}{T_t} (5 - 1) = \frac{4}{T_t} \Rightarrow T_t = 4$$

Der Parameter $T_t = 4$.

$$h_2(t) = \frac{K_0}{T_1} e^{-\left(\frac{t}{T_1}\right)^{T_1=1}} = K_0 \cdot e^{-(t-1)}$$

$$1 = K_0 \cdot e^{-(1-1)} \Rightarrow K_0 = \frac{1}{1} = 1$$

Der Parameter $K_0 = 1$.

$$h_3(t) = \frac{K_p \omega_0^2}{t^2 + 2d\omega_0 t + \omega_0^2}$$

$$\omega_0 = \frac{\omega_c}{\sqrt{1-d^2}} \quad \text{mit} \quad \omega_c = \frac{2\pi}{6} = 1,045$$

$$d = \frac{\ln(1,5)}{\sqrt{\pi^2 + \ln(1,5)^2}} = 0,1$$

$$h_3(t) = \frac{K_p \cdot 1,045^2}{(t-1)^2 + 2 \cdot 0,1 \cdot 1,045 \cdot (t-1) + 1,045^2} \quad \omega_0 = 1,045$$

$$h_3(t) = \frac{K_p \cdot 1,045^2}{(t-1)^2 + 1,245 \cdot (t-1) + 1,045^2}$$

$$K_p = h(t \rightarrow \infty) = 2$$

$$T_2 = \frac{1}{\omega_0} = 0,957 \quad T_1 = 2 \cdot d \cdot T_2 = 0,1914$$

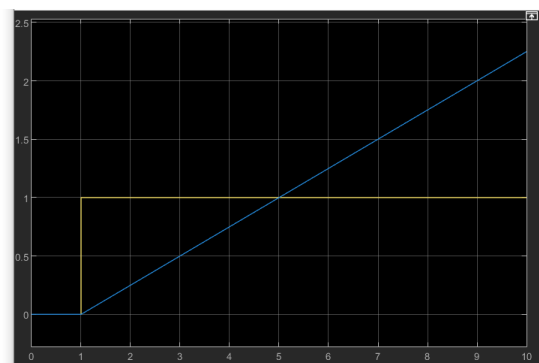
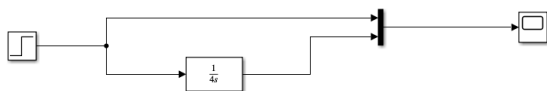
Die Parameter $K_p = 2$, $T_2 = 0,957$, $T_1 = 0,1914$

$$T_t = 1, \quad K_p = 1$$

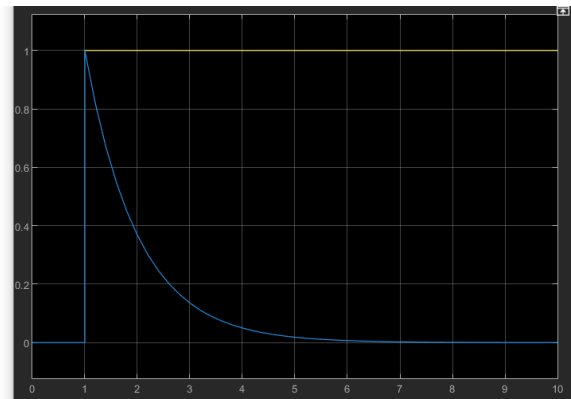
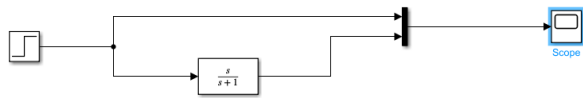
Die Parameter T_t und K_p können abgelesen werden und sind für beide Variablen = 1.

3. Überprüfen Sie Ihre Wahl durch Simulation der Sprungantwort unter Simulink mit dem nachfolgend aufgeführten Simulink-Modell.

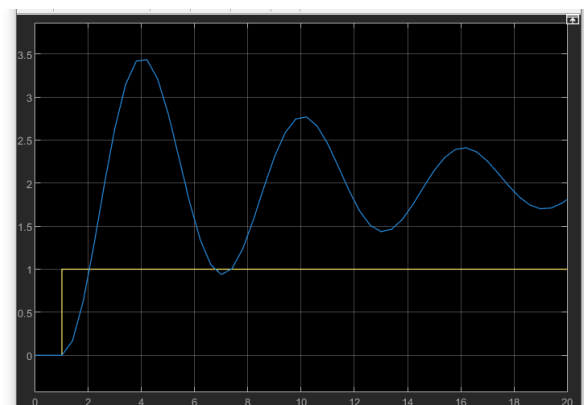
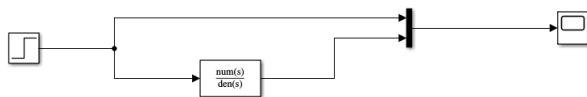
Für a)



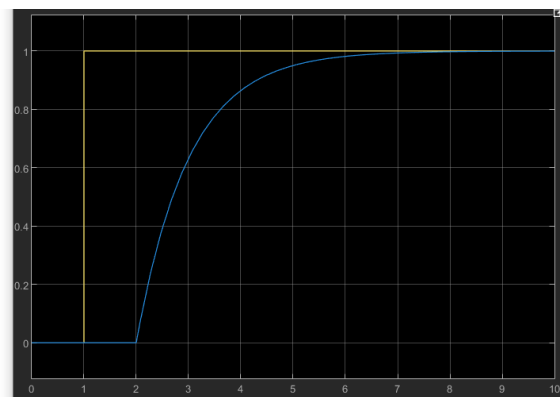
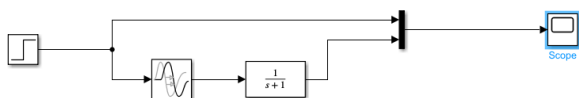
Für b)



Für c)



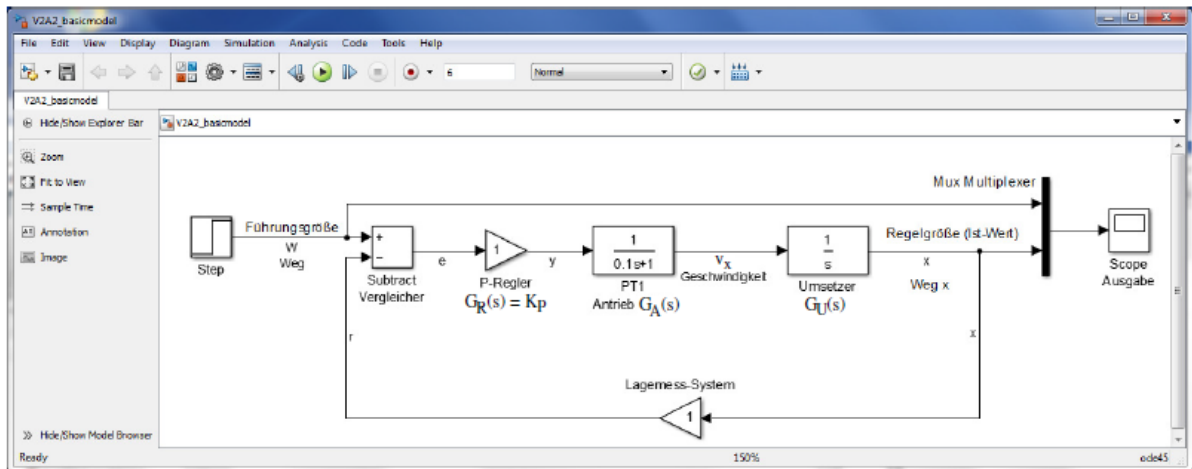
Für d)



Aufgabe 2

Thema: Optimierung eines einfachen Regelkreises mit Simulink

Das dynamische Verhalten eines Lageregelkreises soll untersucht werden. Die Regelstrecke wird durch den Antrieb $G_A(s)$ und die Umsetzung der Geschwindigkeit v_x des Antriebes in den Weg x gebildet. Der eingesetzte P-Regler $G_R(s) = K_P$ soll angepasst/optimiert werden.



- a) Bestimmen Sie das Übertragungsverhalten der Umsetzung der Geschwindigkeit v_x (t) in den Weg x (t) und deren Transformation in den Bildbereich (Frequenzbereich):

$$v_x(t) = \frac{dx(t)}{dt} \quad \Leftrightarrow \quad v_x(s) = s \cdot x(s) \quad \Rightarrow \quad G_U(s) := \frac{x(s)}{v_x(s)} = \frac{1}{s}$$

Handwritten notes: $\int v_x(t) = \int \frac{dx(t)}{dt} \cdot \int 1$, $G_U(s) := \frac{x(s)}{x(s) \cdot s} = \frac{1}{s}$, $v_x(s) = \underline{x(s) \cdot s}$, $\hookrightarrow i\text{-Glieder}$

- b) Der Antrieb sei in 1. Näherung als Verzögerungsglied 1. Ordnung über

$$G_A(s) = \frac{1}{1 + T_A s} \quad \text{mit} \quad T_A = 0.1 \quad \text{dargestellt.}$$

- a. Erstellen Sie den Lageregelkreis in Simulink mit $K_P = 1$.



Über den Aufbau von oben mit $K_P = 1$

- b. Optimieren Sie dann den geschlossenen Regelkreis über K_P auf leichtes Überschwingen der Übergangsfunktion.

```

[1]      simIn = Simulink.SimulationInput("Aufgabe_2_b");
[2]      Kp = 1:0.2:51;
[3]      for i = 1:length(Kp)
[4]          simIn = simIn.setVariable("Kp",Kp(i));
[5]          out = sim(simIn);
[6]          h = out.simout.Data(:,2);
[7]          if max(h) > 1
[8]              vpa(max(h),100)
[9]              disp(Kp(i))
[10]             break
[11]         end
[12]     end

```

c. Wie groß ist KP_opt ?

KP_opt ist nach Ausführen des Skripts bei 2,6

Aufgabe_2_b_skript

ans =

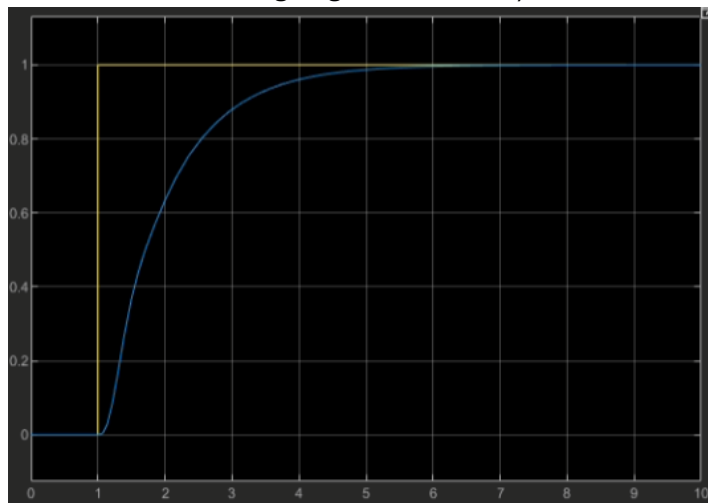
1.000000131630185418174505684874020516872406005859375

2.6000

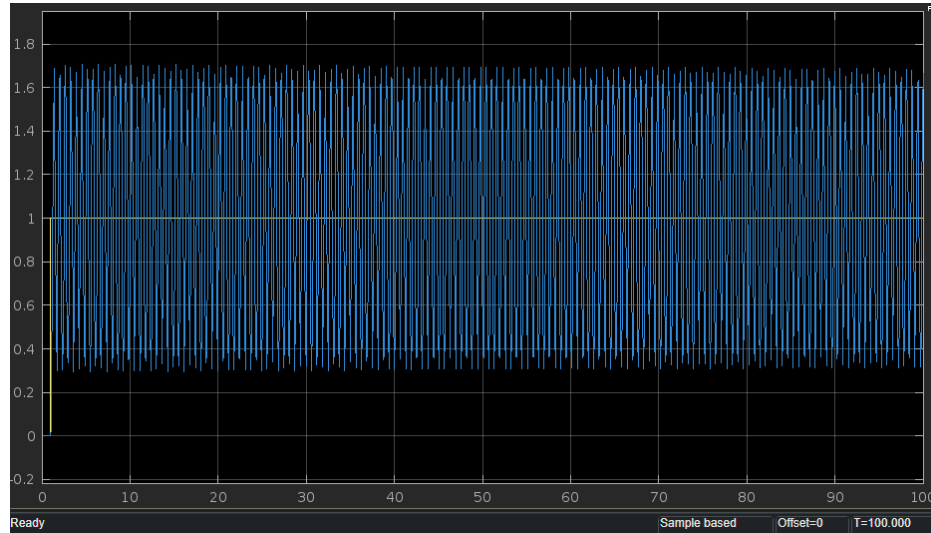
c) Der Antrieb sei nun als Verzögerungsglied 2.Ordnung durch

$$G_A(s) = \frac{1}{1 + 2DT_a s + T_a^2 s^2} \text{ mit } D = 0.5 \text{ und } T_a = 0.1 \text{ approximiert.}$$

a. Verändern Sie den Lageregelkreis nach b) in Simulink entsprechend.



- b. Ermitteln Sie nun K_{P_opt} nach der Stabilitätsrand-Methode (siehe Skript S.23).



Die kritische Verstärkung K_{P_krit} erhält man nach der Stabilitätsrand-Methode durch stetiges Erhöhen von K_P . Wenn die Übergangsfunktion in der Amplitude gleichbleibend periodisch schwingt ist

$$K_P = K_{P_krit} = 2K_{P_opt} \quad \text{bzw.} \quad K_{P_opt} = 0.5K_{P_krit} = \dots$$

K_{P_krit} liegt im oben gezeigten Graphen bei dem Wert 10.

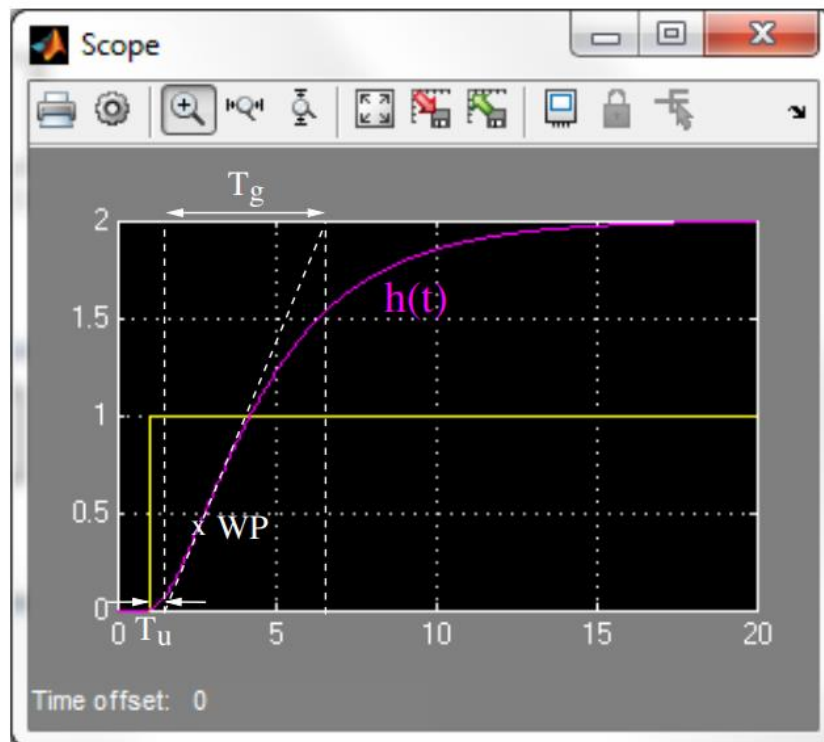
K_{P_opt} ist demnach $0.5 * 10 = 5$.

Aufgabe 3

Thema: Optimierung mit Übergangsfunktions-Methode nach Ziegler/Nichols

Unter Anwendung der **Übergangsfunktions-Methode nach Ziegler und Nichols** (Skript S.23) sollen die Einstellparameter eines Standardreglers für eine **Regelstrecke 2.Ordnung** ermittelt werden.

Die Übergangsfunktion (Sprungantwort) $h(t)$ der Regelstrecke 2.Ordnung $G_A(s)$ ist durch folgende Skizze gegeben,



und die Übertragungsfunktion $G_A(s)$ obiger Regelstrecke durch

$$G_A(s) = \frac{2}{3s^2 + 4s + 1} = \frac{2}{(s + 1)(3s + 1)} .$$

- a) **Ermitteln Sie grafisch aus der Sprungantwort $h(t)$ die Verzugszeit T_u , die Ausgleichszeit T_g und den Proportionalbeiwert (Verstärkung) K_s .**
 $T_u = 0,5$ durch Messen am Schaubild.
 $T_g = 5,2$ durch Messen am Schaubild.
 $K_s = 2$, da die Funktion gegen 2 konvergiert.
- b) **Wählen Sie einen P- und dann noch einen PI-Regler und parametrisieren Sie diese entsprechend der folgenden Tabelle nach dem Ziegler-Nichols-Einstellkriterium (Skript S.23):**

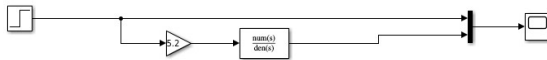
Regler	K_p	T_n	T_v
P	$T_g / (K_s \cdot T_u)$		
PI	$0.9 \cdot T_g / (K_s \cdot T_u)$	$3.3 T_u$	
PID	$1.2 \cdot T_g / (K_s \cdot T_u)$	$2.0 T_u$	$0.5 T_u$

D.h. ermitteln Sie für den P-Regler einen passenden Wert für K_p und für den PI-Regler passende Werte für K_p und T_n .

P-Regler:
 $K_p = 5,2 / (2 * 0,5) = 5,2$

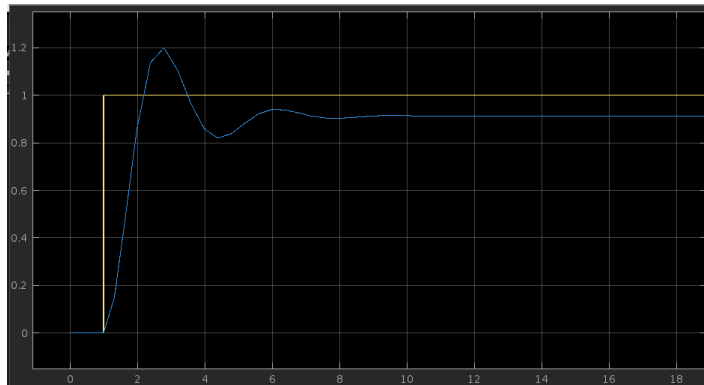
PI-Regler:
 $K_p = 0,9 * 5,2 / (2 * 0,5) = 4,68$
 $T_n = 3,3 * 0,5 = 1,65$

- c) Erstellen Sie das Blockschaltbild des Regelkreises mit dem gewählten P-Regler und der Regelstrecke $G_A(s) = \frac{2}{3s^2+4s+1}$ in Simulink.

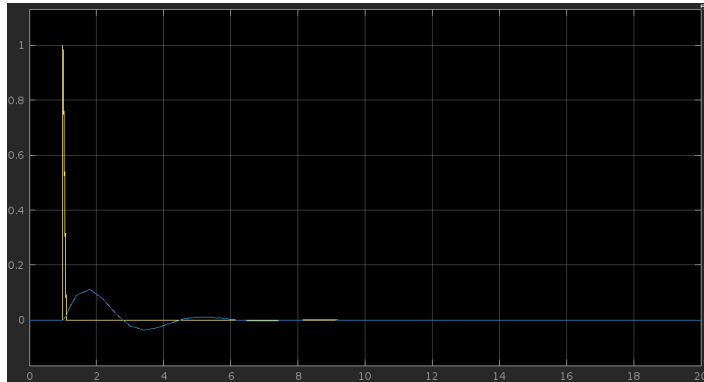


Untersuchen Sie das Führungsverhalten: Ermitteln Sie dazu durch Sprung $\varepsilon(t)$ – und Stoß $\delta(t)$ – Anregung des erstellten Regelkreises die Übertragungsfunktion $h(t)$, und die Gewichtungsfunktion $g(t)$.

Übertragungsfunktion $h(t)$:

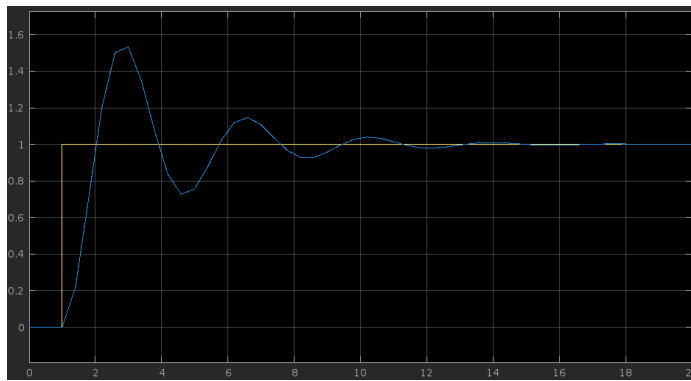


Gewichtungsfunktion $g(t)$:

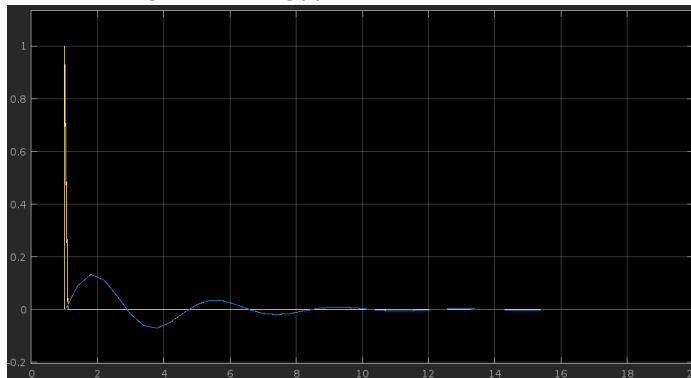


- d) Erweitern Sie das Blockschaltbild des Regelkreises auf den gewählten PI-Regler. Ermitteln Sie wieder Sprung $\varepsilon(t)$ – und Stoß $\delta(t)$ – Anregung des erstellten Regelkreises die Übergangsfunktion $h(t)$ und die Gewichtungsfunktion $g(t)$.

Übertragungsfunktion $h(t)$:



Gewichtungsfunktion $g(t)$:



- e) **Welcher grundsätzliche Unterschied besteht zwischen den Übergangsfunktionen nach c) und d)?**

K_s ist hier bei beiden P-Reglern unterschiedlich. Beim P-Regler von c) schwingt der Wert entgegen unserer Erwartung nicht gegen den Wert 1 sondern bleibt darunter. Beim PI-Regler hingegen stimmt der Verlauf mit unserer Erwartung überein. Dadurch ist der P-Regler ungenauer als der PI-Regler.

Aufgabe 4

Thema: Regelverhalten von P-, I- und PID-Reglern

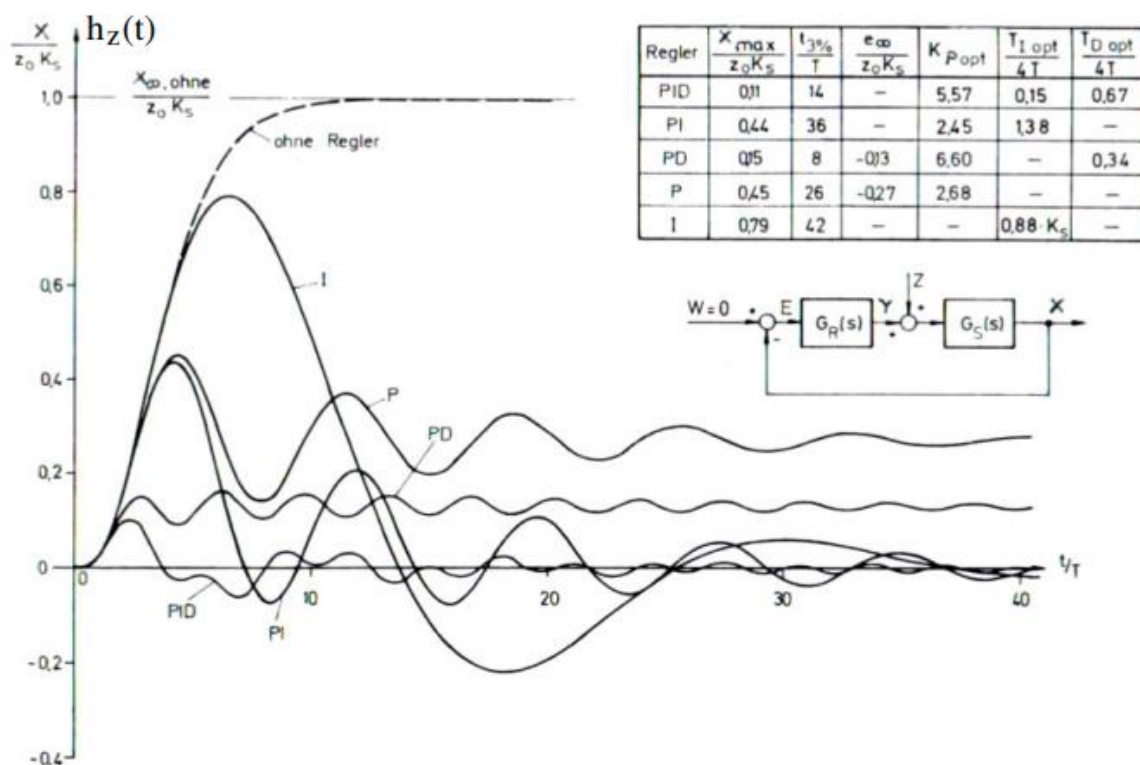
Es soll das Regelverhalten eines P-Reglers, I-Reglers und PID-Reglers in der Regelung einer "4-te Ordnung-Strecke" untersucht werden.

Mit Simulink soll die Störübergangsfunktion $h_z(t)$ des Regelkreises der folgenden Figur (vgl. Skript S.20) mit dem optimalen P-Regler, dem optimalen I-Regler und dem optimalen PID-Regler und einer "4-te Ordnung Strecke" (d.h. $4 \times PT1$) nachgewiesen werden.

Im folgenden Schaubild ist die Störübergangsfunktion $h_z(t)$ der normierten Regelgröße $x/(z_0 K_S)$ für eine sprungförmige Störung $z(t) = z_0 \epsilon(t)$ für verschiedene Reglertypen $G_R(s)$ dargestellt. Hierbei liege die Störung $z(t)$ am Eingang der Regelstrecke $G(s)$ mit (siehe Skizze des Regelkreises)

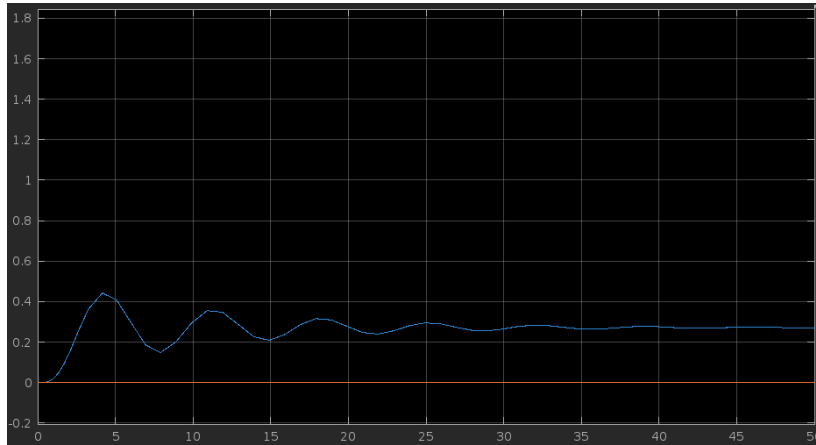
$$G(s) = \frac{K_S}{(1 + TS)^4} \quad \text{mit} \quad K_S = 1; T = 1; z_0 = 1.$$

In den Regelkreisen wurden die optimierten I-, P-, PD-, PI-, PID-Regler mit den optimierten Parametern $K_{P,opt}$, $T_{n,opt}$, $T_{v,opt}$ (siehe Tabelle) eingebaut.



- Erstellen Sie in Simulink den Regelkreis aus der Regelstrecke $G_S(s) = K_S/(1 + T \cdot s)^4$ mit $K_S = 1$; $T = 1$ und einem optimierten P-Regler. Ermitteln Sie hierfür den optimalen Parameter $K_{P,opt}$ aus obiger Tabelle.
 $K_{P,opt} = 2,68$
 Ermitteln Sie dann durch Simulation die Störübergangsfunktion $h_z(t)$ aus der

sprungförmigen Störung $z(t) = z_0 * \varepsilon(t)$ mit $z_0 = 1$ am Eingang der Regelstrecke.



- b) Erstellen Sie in Simulink den Regelkreis aus der Regelstrecke $G_s(s) = K_s / (1 + T \cdot s)^4$ mit $K_s = 1$; $T = 1$ und einem optimierten I-Regler.

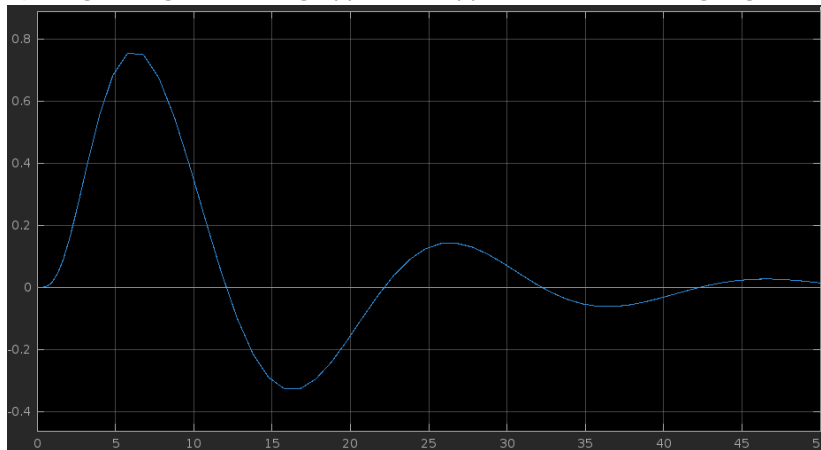
Ermitteln Sie hierfür den optimalen Parameter T_{n_opt} aus obiger Tabelle.

$$T_{n_opt}/4T = 0,88 * K_s$$

$$T_{n_opt}/4 \cdot 1 = 0,88 * 1 \Rightarrow \text{multipliziere mit 4}$$

$$\Rightarrow T_{n_opt} = 0,88 * 4 = 3,52$$

Ermitteln Sie dann durch Simulation die Störübergangsfunktion $h_z(t)$ aus der sprungförmigen Störung $z(t) = z_0 * \varepsilon(t)$ mit $z_0 = 1$ am Eingang der Regelstrecke



- c) Erstellen Sie in Simulink den Regelkreis aus der Regelstrecke $G_s(s) = K_s / (1 + T \cdot s)^4$ mit $K_s = 1$; $T = 1$ und einem optimierten PID-Regler.

Ermitteln Sie hierfür den optimalen Parameter K_{p_opt} , T_{n_opt} und T_{v_opt} aus obiger Tabelle.

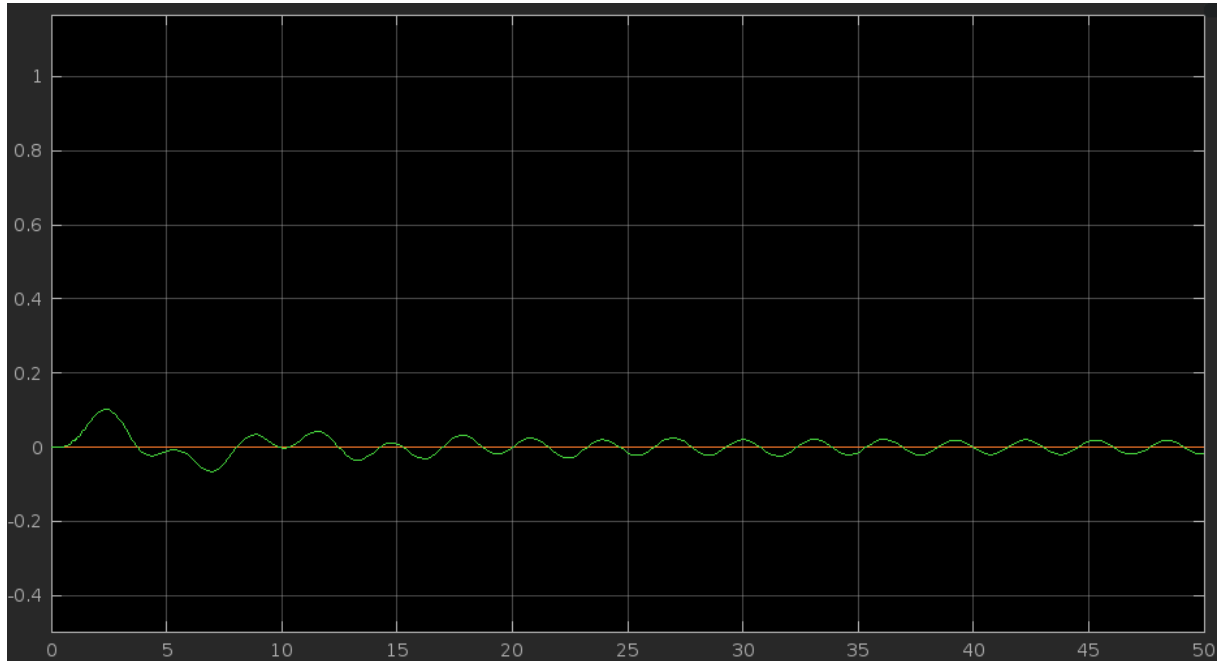
$$K_{p_opt} = 5,57 \text{ (siehe Tabelle)}$$

$$T_{n_opt}/4T = 0,15 \Rightarrow \text{multipliziert mit 4 (T=1)} \Rightarrow T_{n_opt} = 0,6$$

$$T_{v_opt}/4T = 0,67 \Rightarrow \text{multipliziert mit 4 (T=1)} \Rightarrow T_{v_opt} = 2,68$$

Ermitteln Sie dann durch Simulation die Störübergangsfunktion $h_z(t)$ aus der

sprungförmigen Störung $z(t) = z_0 * \varepsilon(t)$ mit $z_0 = 1$ am Eingang der Regelstrecke.



- d) Geben Sie die Störübergangsfunktionen $h_z(t)$ der Regelkreise mit P-, I-, PID-Regler nach a), b) und c) gemeinsam auf ein Scope und erstellen Sie eine obigem Schaubild entsprechende Abbildung.

