Ereignisdiskrete Systeme

Praktikum Blatt 2 - Simulink

Jan Kristel, Alexandra Moritz

Aufsicht von Frau Rembold

8. Mai 2023

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen **2**
1.1 Welcher Übertragungstyp? 2
a) 2
b) 2
c) 2
d) 2
1.2 Relevante Parameter 2
a) 2
b) 2
c) 2
d) 3
1.3 Überprüfung durch Simulink 4
a) 4
b) 4
c) 5
d) 5

2 Optimierung eines einfachen Regelkreises **6**
2.1 Übertragungsverhalten 6
2.2 1.Näherung 6
a) Lageregelkreis in Simulink 6
b) Optimierung des Regelkreises - durch ausprobieren 7
c) $K_{P,opt}$ 11
2.3 Lageregelkreis als PT_2-Glied 12
a) Simulink 12
b) K_P ermitteln durch probieren 12
c) 19

3 Optimierung nach Zielger/Nichols **20**
3.1 20
3.2 Ziegler-Nichols-Einstellkriterium 20
3.3 Blockschaltbild 21

4 Regelverhalten von P-, I- und PID-Reglern **26**
4.1 P-Regler 26
4.2 I-Regler 27
4.3 PID-Regler 28
4.4 Störübertragungsfunktionen 29

1 Grundlagen

1.1 Welcher Übertragungstyp?

a)

$$h_1(t) = \frac{\frac{1}{4}}{s}$$

Es handelt sich um die Sprungfunktion eines I-Glied

b)

$$h_2(t) = \frac{s}{s+1}$$

Die Sprungfunktion ist von einem DT_1-Glied.

c)

$$h_3(t) = \frac{2}{0,95s^2 + 0,19s + 1}$$

Das Bild zeigt die Sprungfunktion eines PT_2-Glieds an.

d)

$$h_4(t) = \frac{1}{s+1}$$

Hierbei sieht man den Graphen der Sprungfunktion eines verzögerten PT_1-Glieds.

1.2 Relevante Parameter

a)

- $K_I = \frac{1}{4} \rightarrow$ dient der Steigung. Dies lässt sich aus dem Bild/Graph ablesen.

b)

- $K_D = \frac{1}{1} = 1$. Dies sorgt für ein bestehendes s im Zähler.
- $T_1 = 1$, was für ein vorhandenes s im Nenner sorgt.

c)

- $K_P = 2$, durch ablesen bestimmt.
- T_2 und T_1 müssen berechnet werden:

–

$$\vartheta = ln\Big(\frac{\Delta_1}{\Delta_2}\Big) = ln\Big(\frac{1,5}{1}\Big) = 0,3$$

$\rightarrow \Delta_1 und \Delta_2$ sind die ersten beiden Schwingungen der Sprungfunktion, nachdem diese den $K_P = 2$ gekreuzt haben.

–

$$d = \frac{\vartheta}{\sqrt{\pi^2 + \vartheta^2}} = \frac{0,3}{\sqrt{\pi^2 +^2}} = 0,098$$

–

$$\omega_e = \frac{2 \cdot \pi}{T_e} = \frac{2 \cdot \pi}{6} = 1,047$$

$\rightarrow T_e$ lässt sich aus dem Graphen abschätzen. Das ist die Dauer für die ersten vollständige Schwingung nachdem K_P erreicht wurde.

–

$$\omega_0 = \frac{\omega_e}{\sqrt{1-d^2}} = \frac{1,047}{\sqrt{1-0,098^2}} = 1,052$$

–

$$T_2 = \frac{1}{\omega_0} = \frac{1}{1,052} = 0,95$$

–

$$T_1 = 2 \cdot d \cdot T_2 = 2 \cdot 0,098 \cdot 0,95 = 0,19$$

d)

- $K_P = \frac{1}{1} = 1$ Dies lässt sich wieder aus dem Graph ablesen.
- $T_1 = 1$
- $t = 1 \rightarrow$ die Verzögerung t lässt sich ablesen und in Simulink durch ein extra Verzögerungsglied einstellen.

1.3 Überprüfung durch Simulink

a)

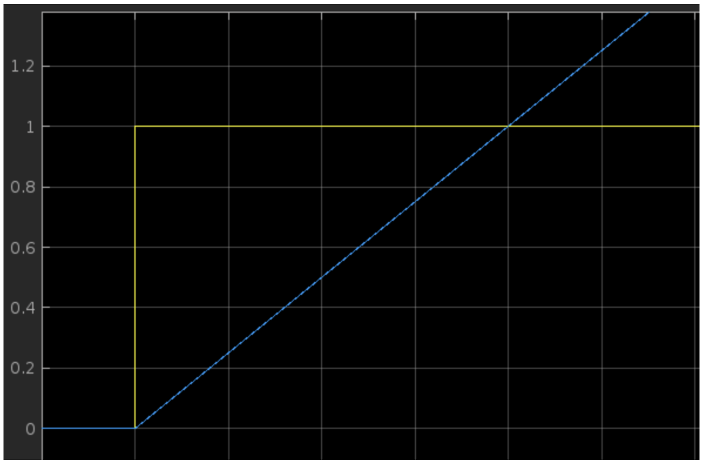


Abbildung 1: Graph einer Sprungfunktion eines I-Glieds.

b)

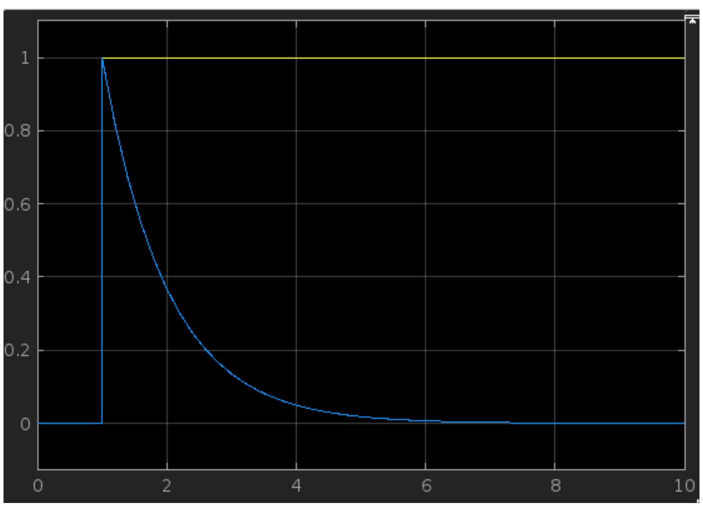


Abbildung 2: Graph einer Sprungfunktion eines DT_1-Glieds.

c)

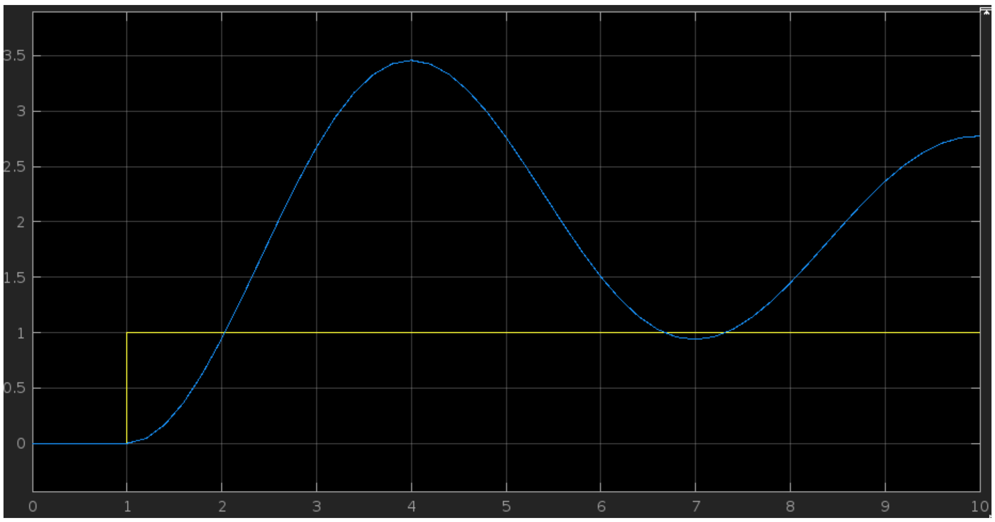


Abbildung 3: Graph einer Sprungfunktion eines PT_2-Glieds.

d)

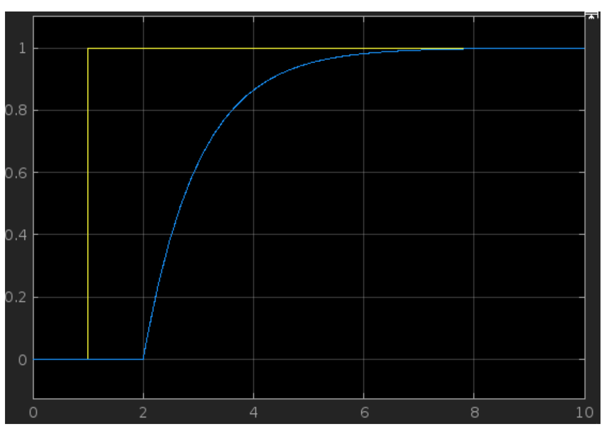


Abbildung 4: Graph einer Sprungfunktion eines um 1 Zeiteinheit verzögertes PT_1-Glieds.

2 Optimierung eines einfachen Regelkreises

2.1 Übertragungsverhalten

Die Übertragsfunktion/Übertragungsverhalten für die Geschwindigkeit $v_x(t)$ lautet:

$$G_u(s) = \frac{X(s)}{v_x(s)} = \frac{1}{s}$$

2.2 1.Näherung

a) Lageregelkreis in Simulink

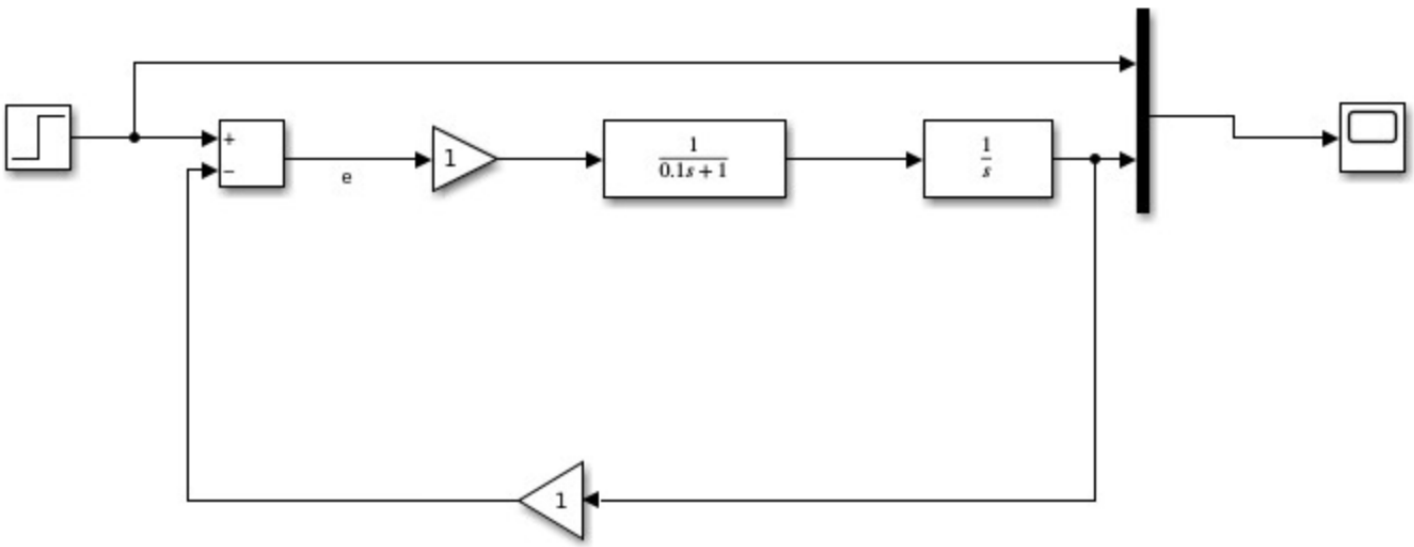


Abbildung 5: Aufbau des Regelkreises

b) Optimierung des Regelkreises - durch ausprobieren

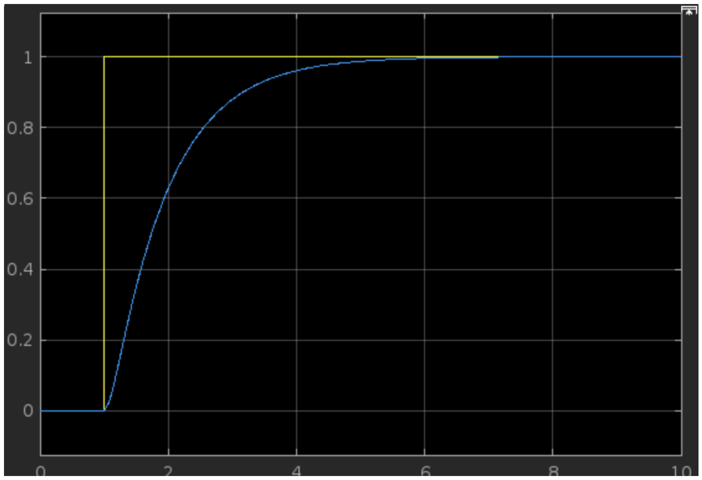


Abbildung 6: $K_P = 1$

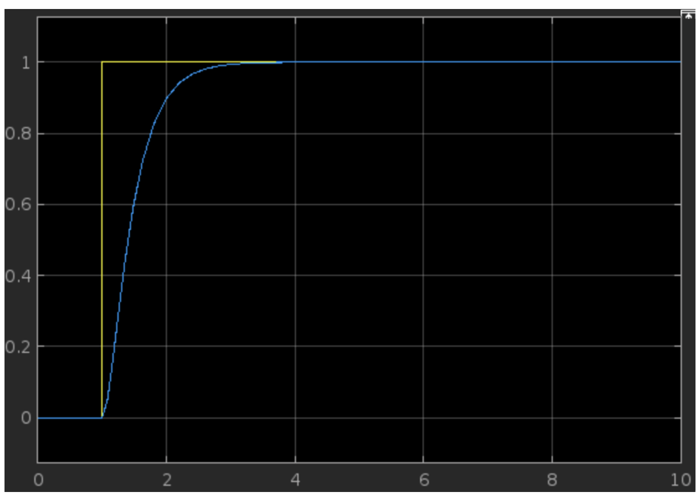


Abbildung 7: $K_P = 2$

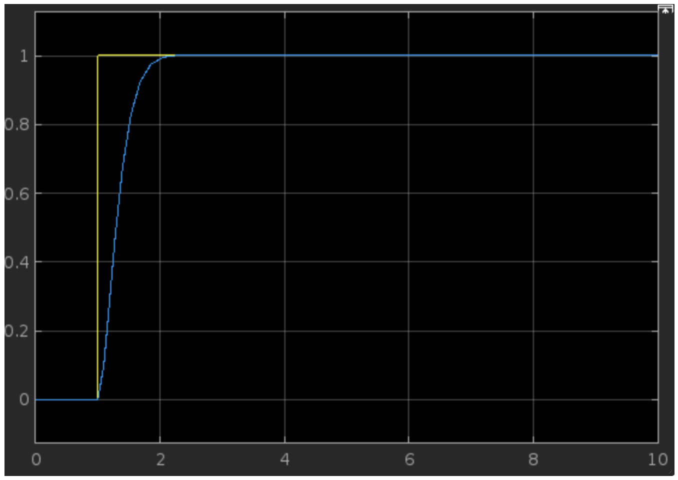


Abbildung 8: $K_P = 3$

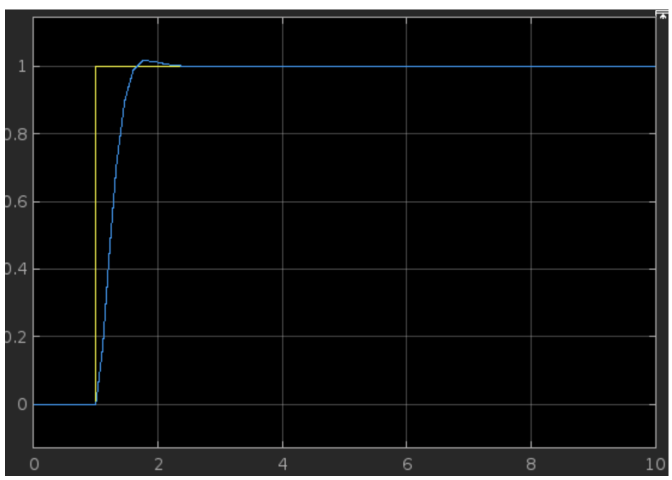


Abbildung 9: $K_P = 4$

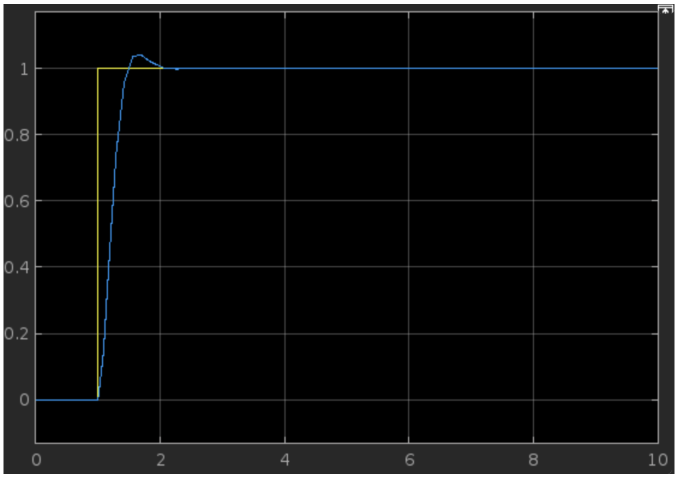


Abbildung 10: $K_P = 5$

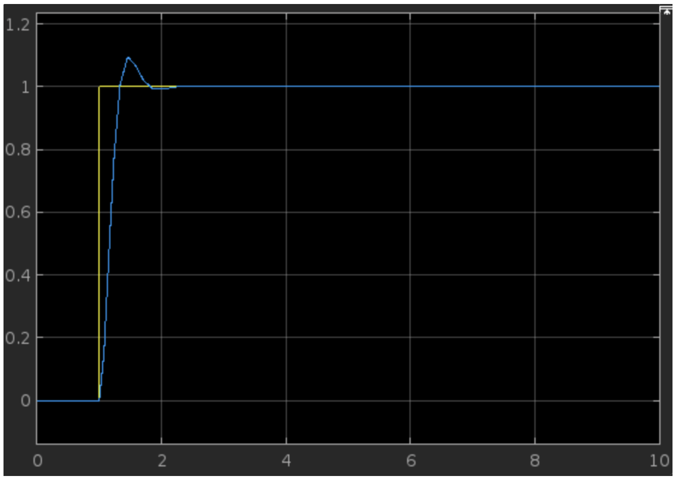


Abbildung 11: $K_P = 7$

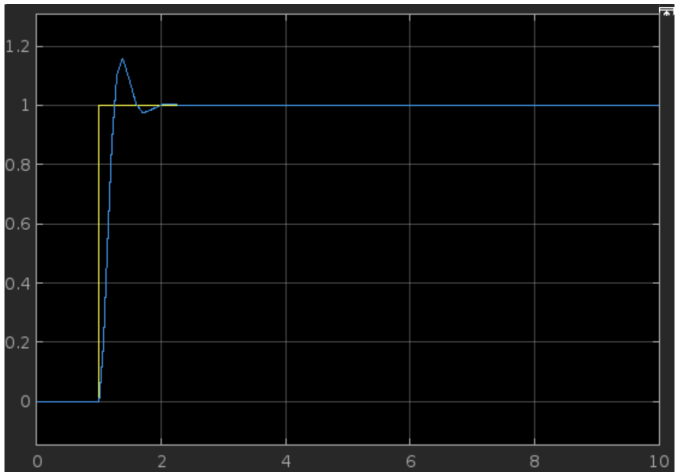


Abbildung 12: $K_P = 10$

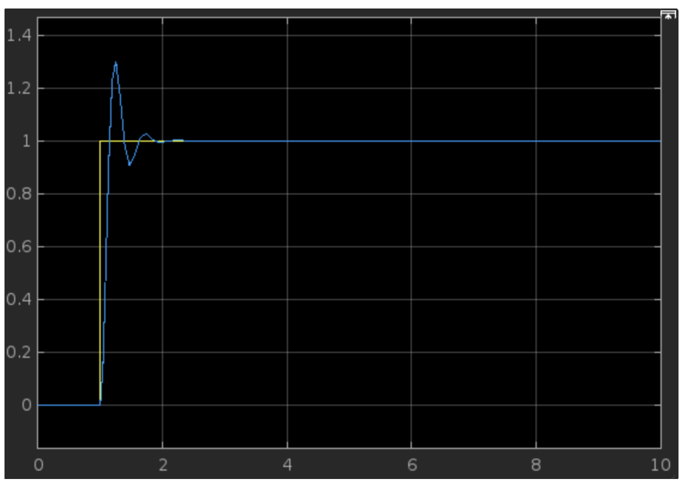


Abbildung 13: $K_P = 20$

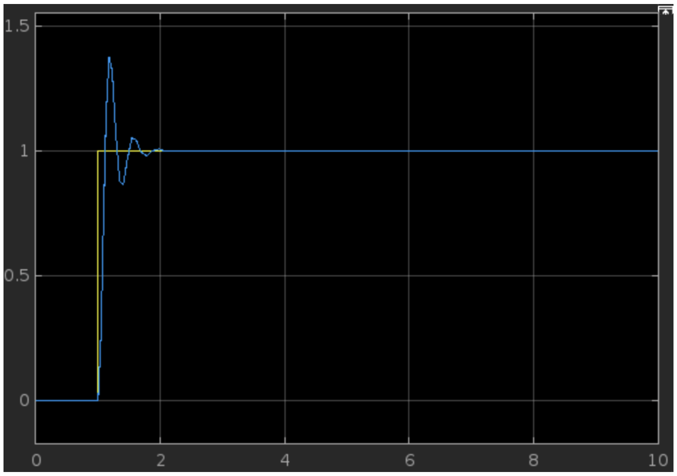


Abbildung 14: $K_P = 30$

c) $K_{P,opt}$

Bei $K_{P,opt}$ handelt es sich um den optimalen Wert für den Faktor. Damit will man erreichen, dass das Signal ein minimales Überschwingen hat. Hier zu sehen in Abb. 4.

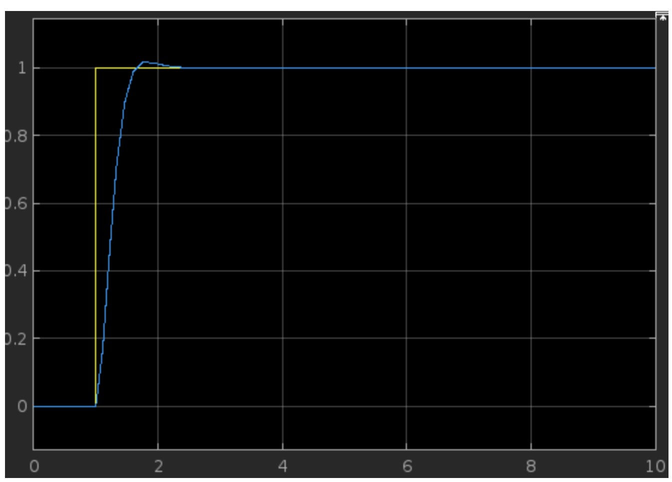


Abbildung 15: $K_{P,opt} = 4$ mit einem minimalen Überschwinger

2.3 Lageregelkreis als PT_2-Glied

a) Simulink

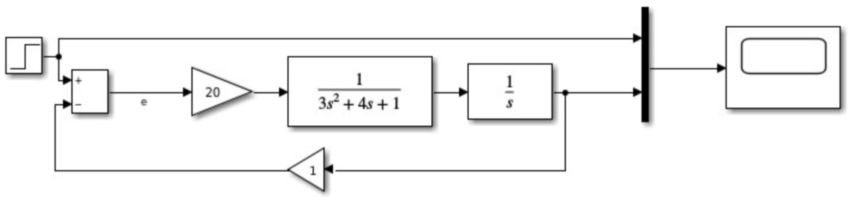


Abbildung 16: Lageregelkreis in Simulink als PT_2-Glied

b) K_P ermitteln durch probieren

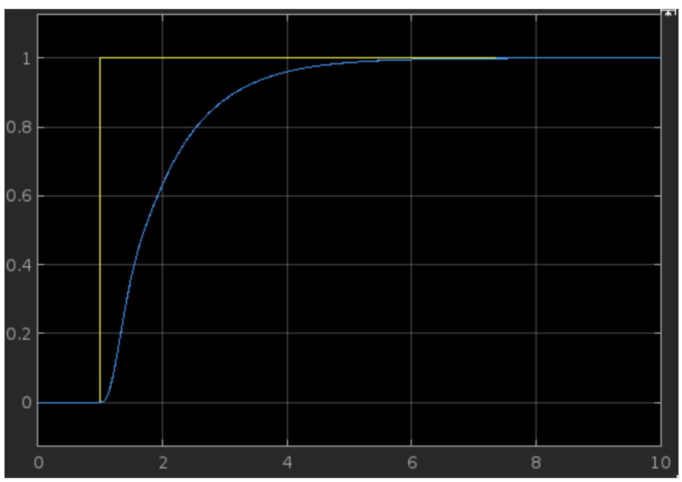


Abbildung 17: $K_P = 1$

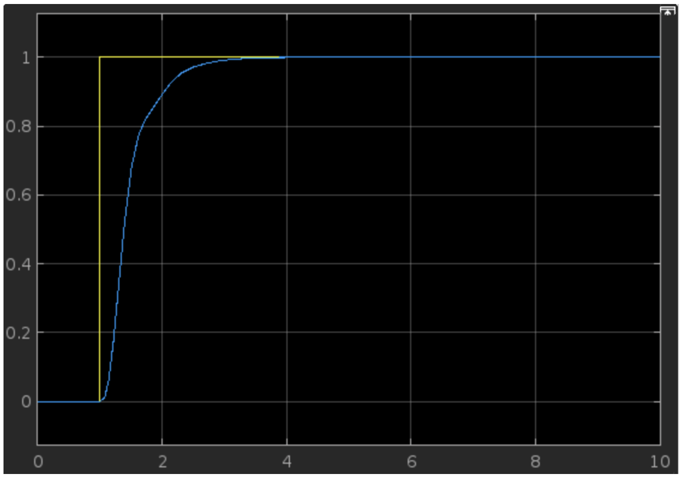


Abbildung 18: $K_P = 2$

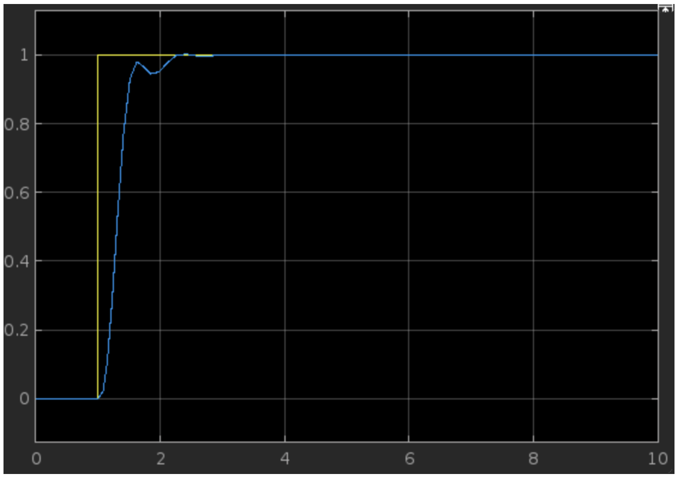


Abbildung 19: $K_P = 3$

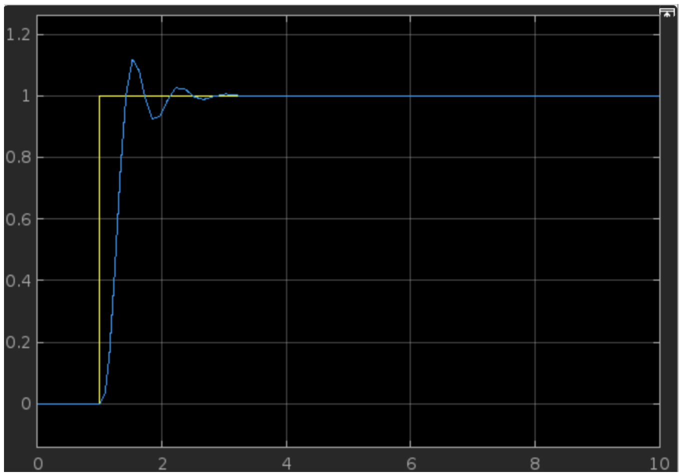


Abbildung 20: $K_P = 4$

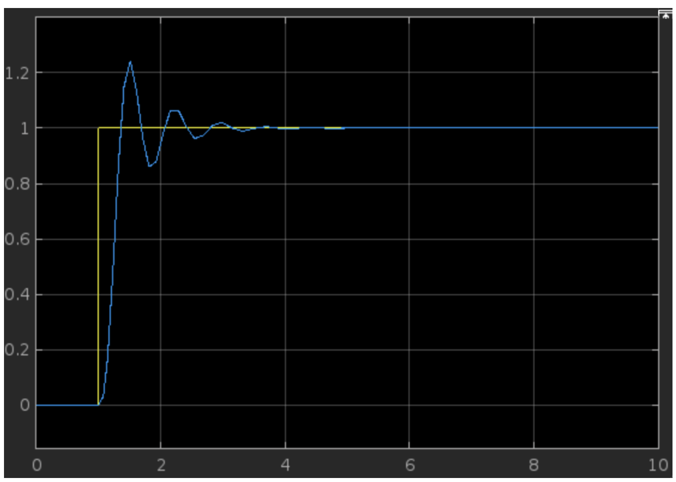


Abbildung 21: $K_P = 5$

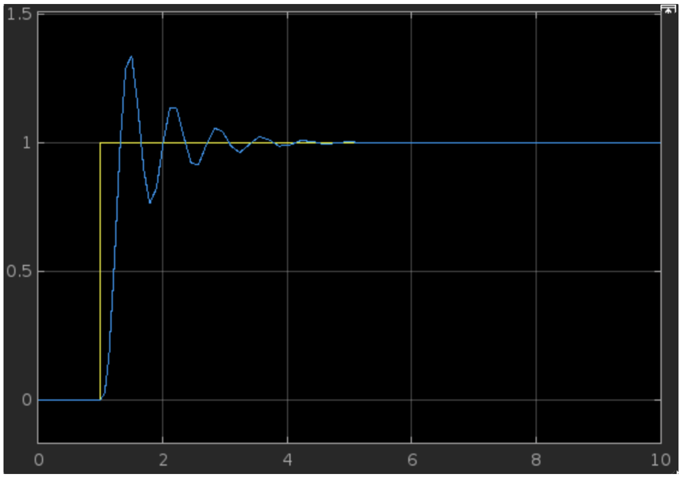


Abbildung 22: $K_P = 6$

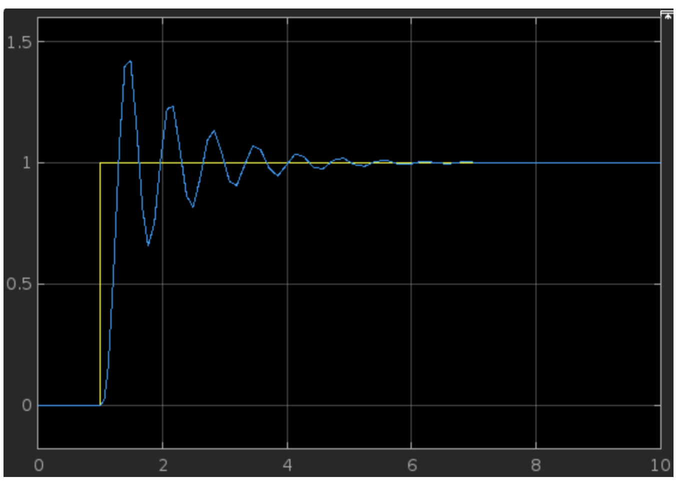


Abbildung 23: $K_P = 7$

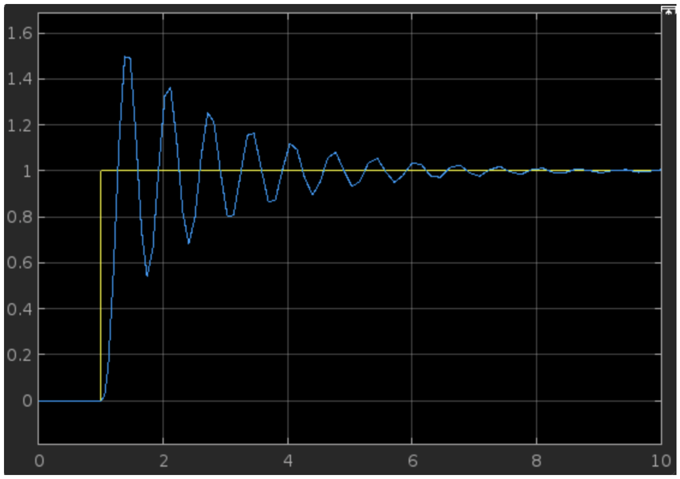


Abbildung 24: $K_P = 8$

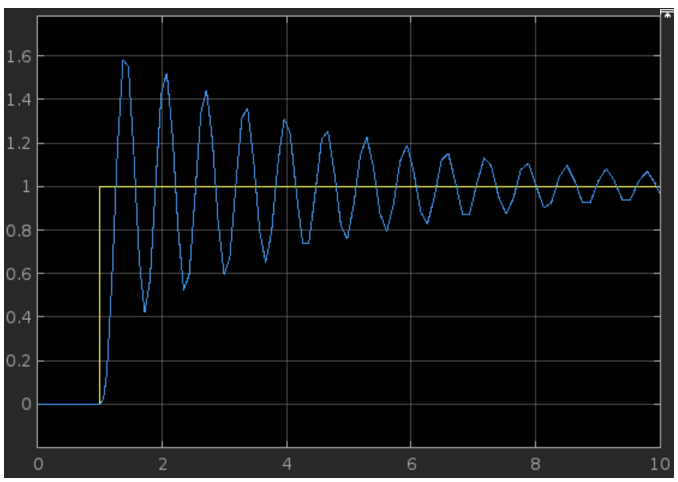


Abbildung 25: $K_P = 9$

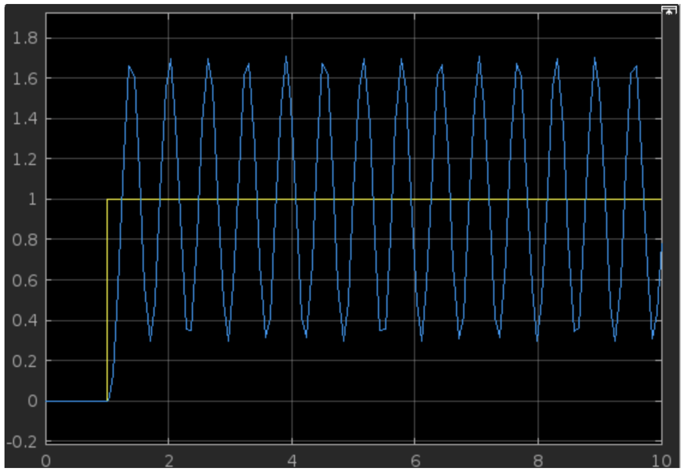


Abbildung 26: $K_P = 10$

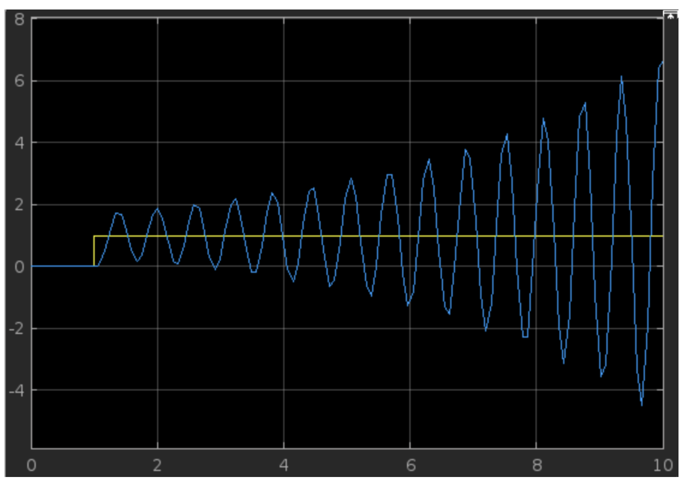


Abbildung 27: $K_P = 11$

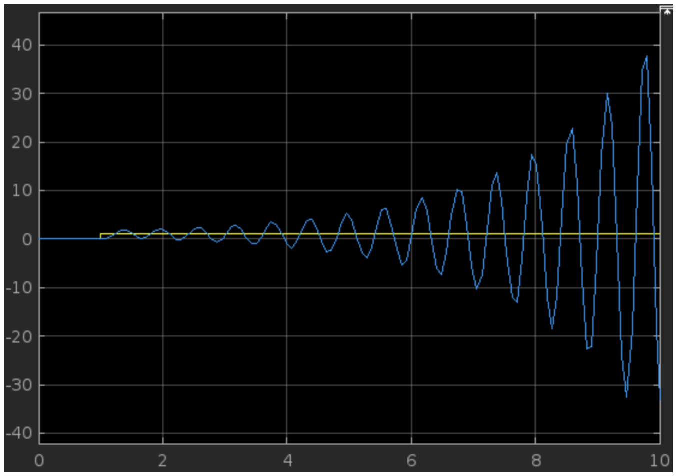


Abbildung 28: $K_P = 12$

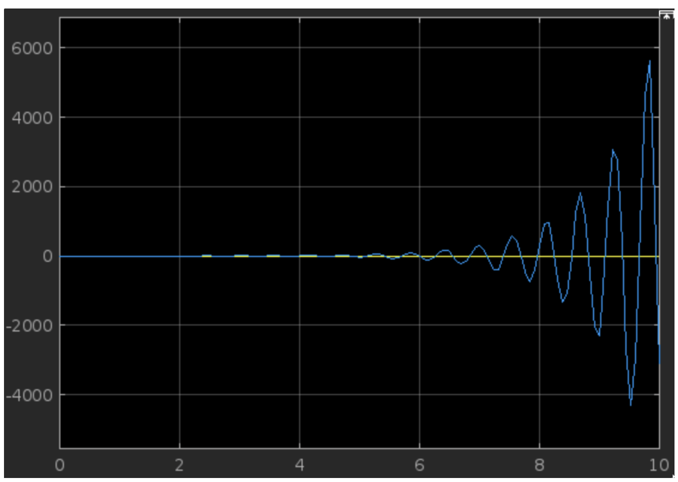


Abbildung 29: $K_P = 15$

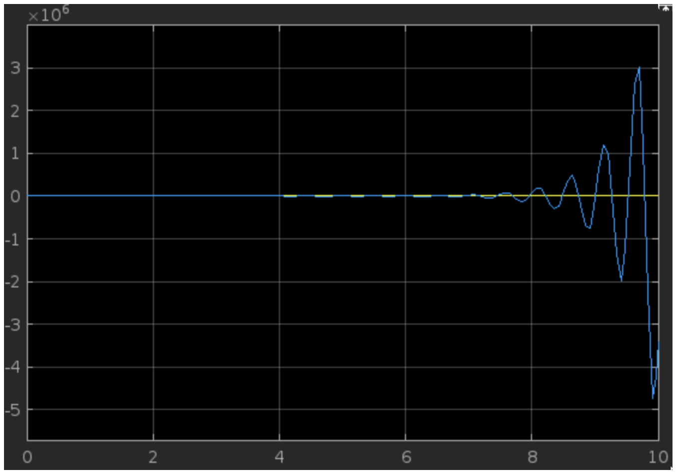


Abbildung 30: $K_P = 20$

c)

$K_{P,krit}$ verhält sich folgender Maßen:

- bis $K_P = 10$ nimmt das Schwingen ab, zu sehen in den Abb.25
- bei $K_P = 10$ ist der optimale Wert erreicht. Das Signal schwingt gleichbleibend auf einer Höhe, zu sehen in Abb.27
- über $K_P = 10$ nimmt das Schwingen, zu sehen in Abb.29

$$K_{P,opt} = \frac{K_{P,krit}}{2} = \frac{10}{2} = 5$$

$$K_{P,krit} = 2 \cdot K_{P,opt} == 2 \cdot 5 = 10$$

3 Optimierung nach Zielger/Nichols

3.1

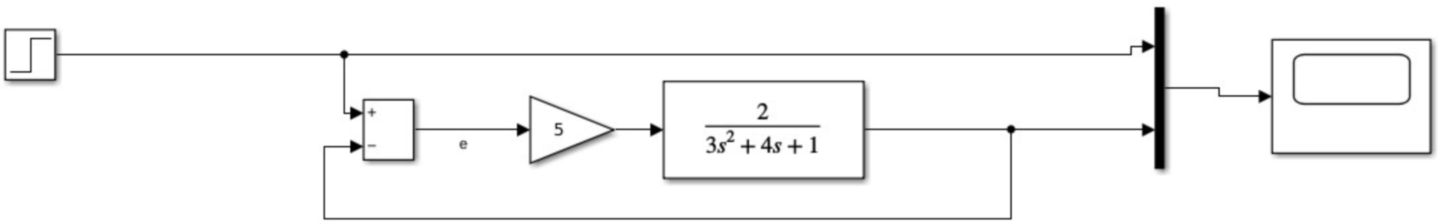


Abbildung 31: Regelkreis für die Sprungantwort

- $K_s = 2$
- $T_g = 5$
- $T_u = 0,5$

3.2 Ziegler-Nichols-Einstellkriterium

Regler	K_P	T_n	T_v
P	$\frac{T_g}{(K_s \cdot T_u}$		
PI	$0.9 \cdot \frac{K_s}{T_u}$	$3.3 \cdot T_u$	
PID	$1.2 \cdot \frac{T_g}{(K_s \cdot T_u)}$	$2.0 \cdot T_u$	$0.5 \cdot T_u$

Mit den oben definierten Werten für K_s, T_u und T_v bekommt man für die benötigten Zellen der Tabelle, *P* und *PI*, folgende Werte:

Regler	K_P	T_n	T_v
P	$2,08$		
PI	$4,5$	$1,65$	

3.3 Blockschaltbild

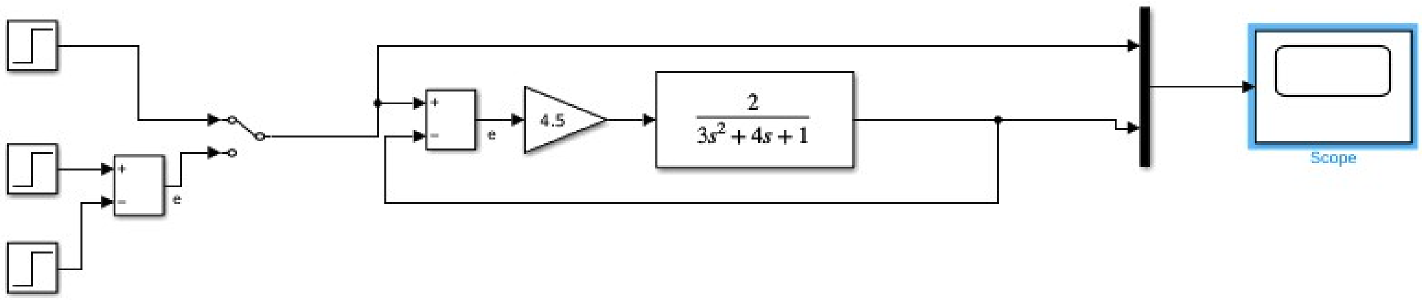


Abbildung 32: Schalter in Ausgangsposition.

Durch Ändern von K_P werden folgende Signalbilder erzeugt:

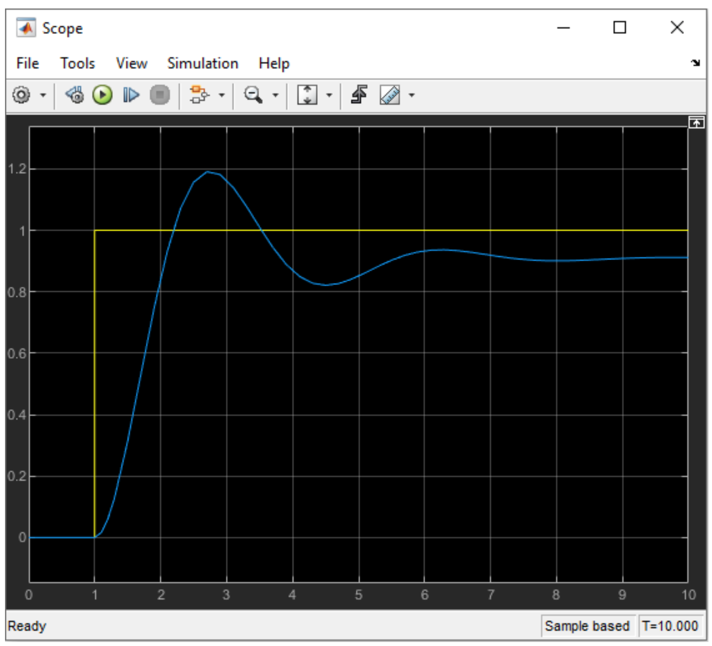
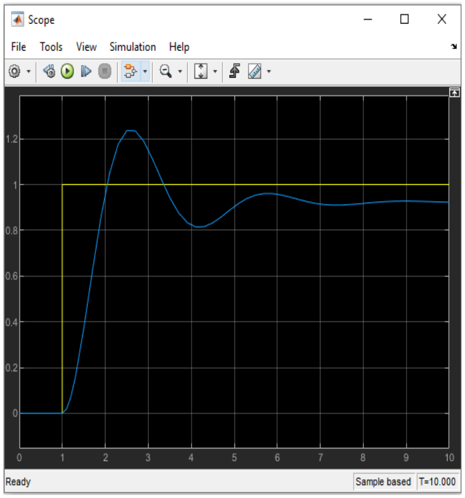
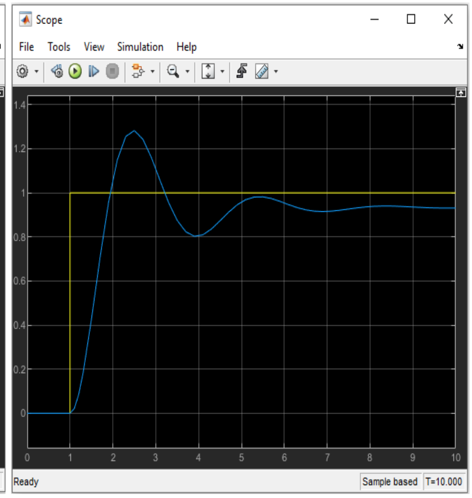


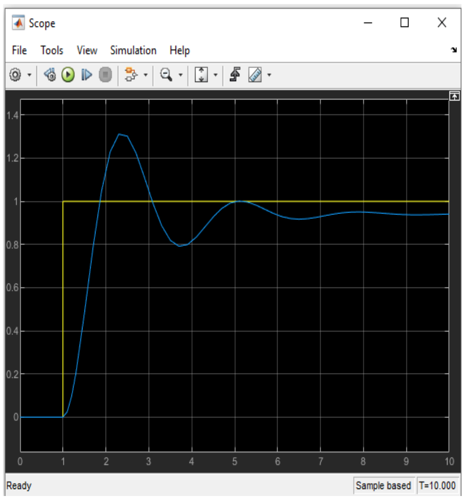
Abbildung 33: $K_P = 5$



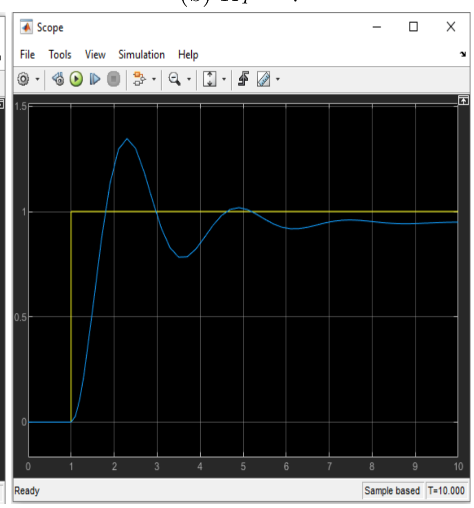
(a) $K_P = 6$



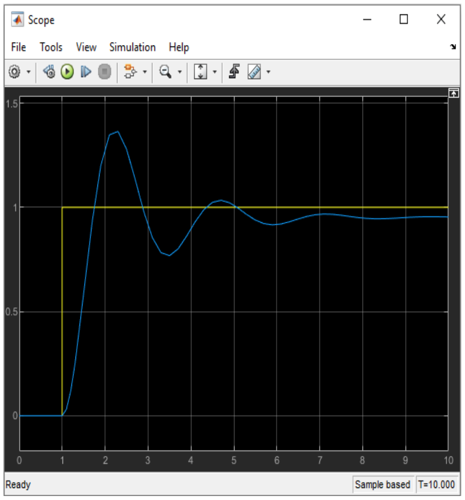
(b) $K_P = 7$



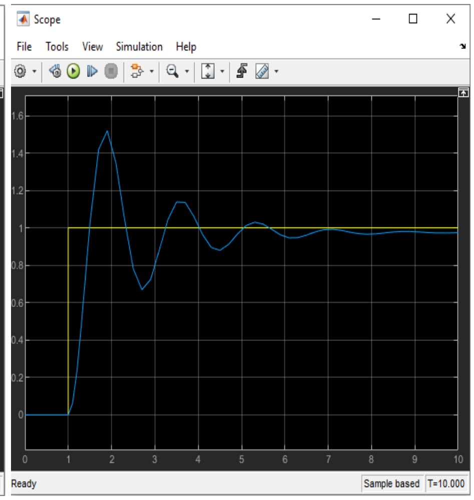
(c) $K_P = 8$



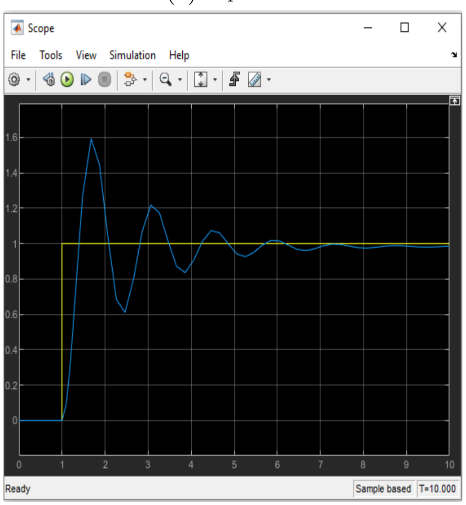
(d) $K_P = 9$



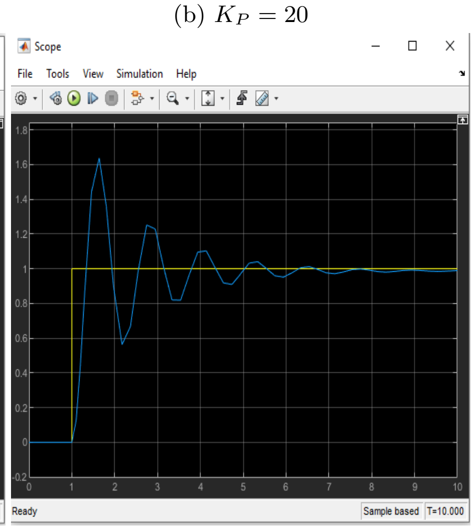
(a) $K_P = 10$



(b) $K_P = 20$



(c) $K_P = 30$



(d) $K_P = 40$

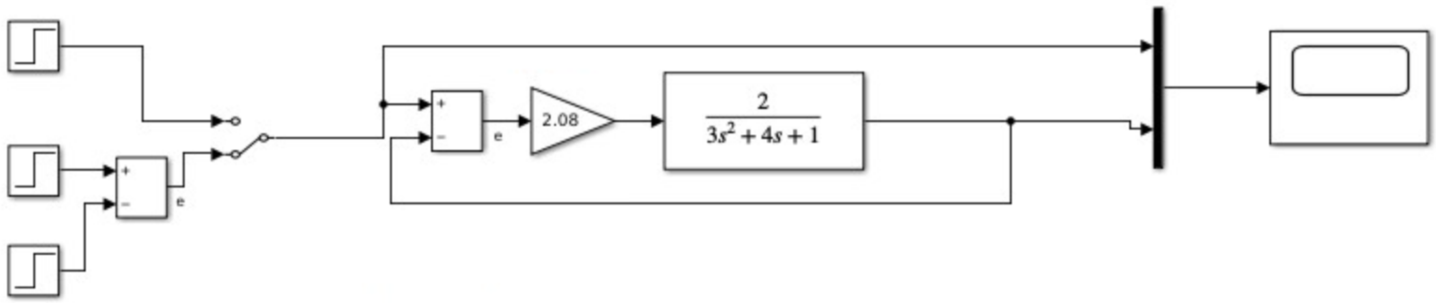


Abbildung 36: Blockschaltbild eines P-Regler

Durch Umlegen des Schalters lassen sich die Sprung- $\epsilon(t)$ und Stoßanregung $\delta(t)$ erzeugen:

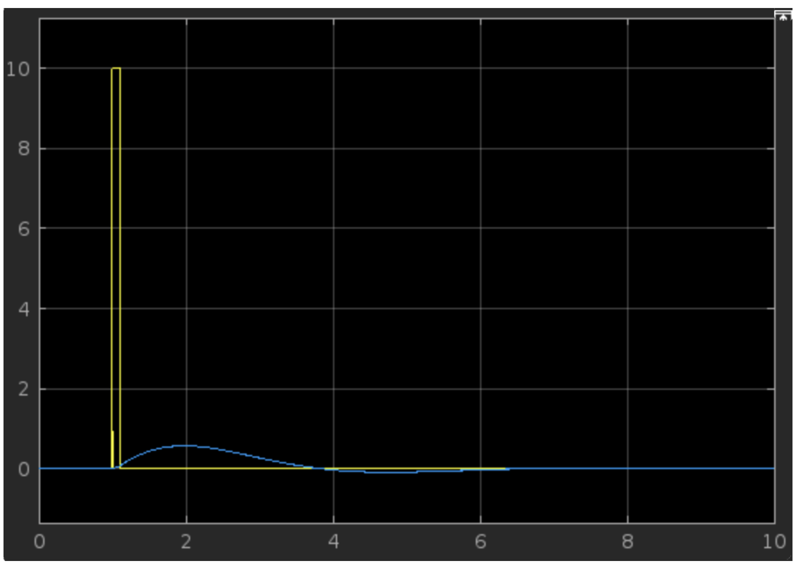


Abbildung 37: Sprung- in blau und Stoßanregung in gelb; mit dem errechneten $K_P = 2.08$

Die Übertragungsfunktion lautet dafür dann:

$$h(t) = \frac{2.08 \cdot 2}{3s^2 + 4s + 1}$$

Die Gewichtsfunktion $g(t)$ ist die rücktransformierte der Übertragungsfunktion.
Diese lautet dann :

$$G(s) = \frac{2.453}{s+} - \frac{0.453}{s+1}$$

$$g_1(t) = 2.453 \cdot e^{-0.33t}$$

$$g_2(t) = -0.453 \cdot e^{-t}$$

Die gesamte Rücktransformation lautet dann:

$$g(t) = g_1(t) + g_2(t) = 2.453 \cdot e^{-0.333t} - 0.453 \cdot e^{-t}$$

4 Regelverhalten von P-, I- und PID-Reglern

4.1 P-Regler

Aus der Regelstrecke

$$G_S(s) = \frac{K_s}{(1 + T \cdot S)^4}$$

lässt sich dieser Regelkreis bilden: Der Graph/das Signal dazu hat folgende

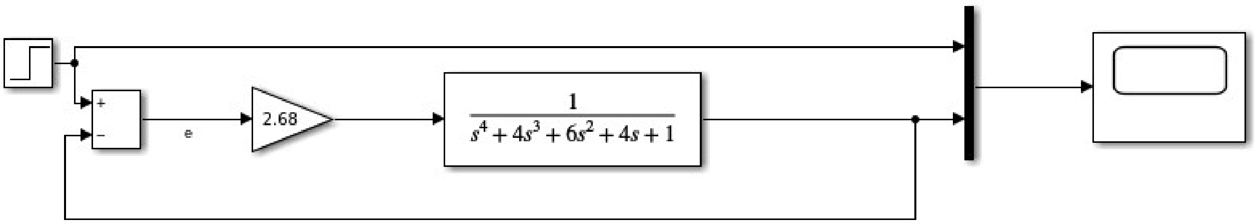


Abbildung 38: Regelkreis mit P-Regler

Form:

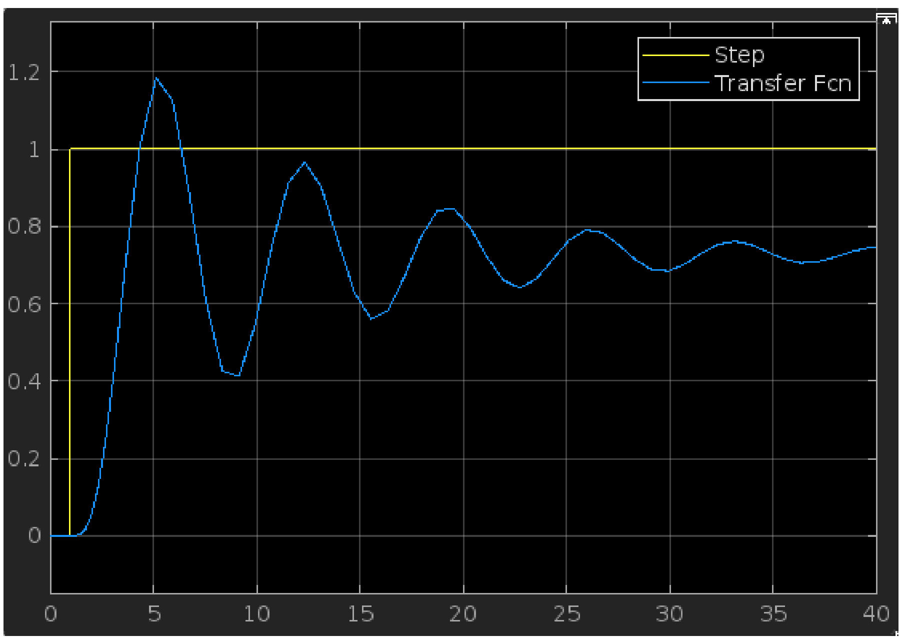


Abbildung 39: Das Signal zu oben angegebenen Regelkreis

4.2 I-Regler

Aus der Regelstrecke

$$G_S(s) = \frac{K_s}{(1 + T \cdot S)^4}$$

lässt sich dieser Regelkreis bilden: Der Graph/das Signal dazu hat folgende

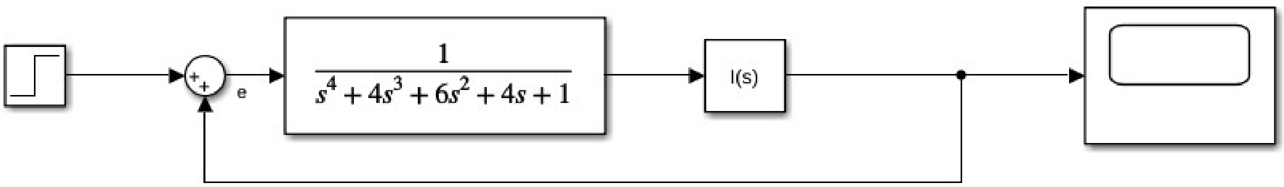


Abbildung 40: Regelkreis mit I-Regler

Form:

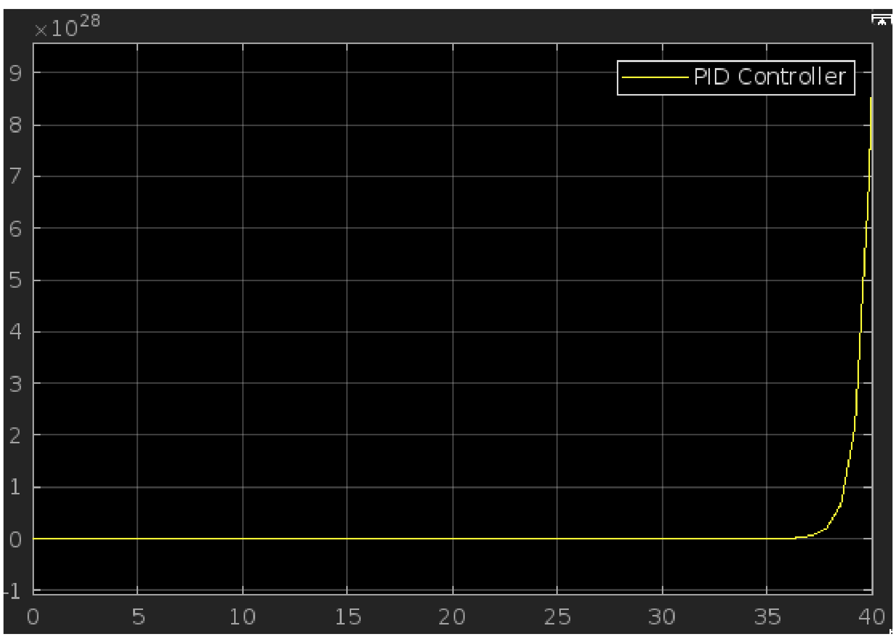


Abbildung 41: Das Signal zu oben angegebenen Regelkreis

4.3 PID-Regler

Aus der Regelstrecke

$$G_S(s) = \frac{K_s}{(1T \cdot S)^4}$$

lässt sich dieser Regelkreis bilden: Der Graph/das Signal dazu hat folgende

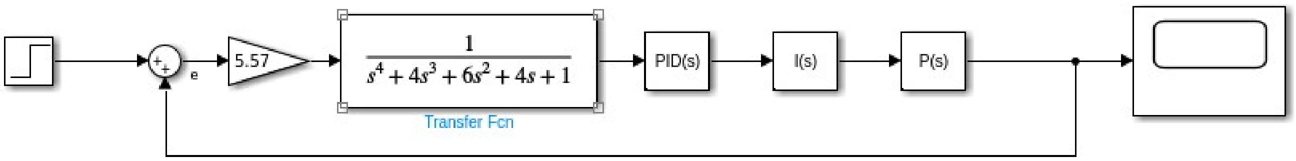


Abbildung 42: Regelkreis mit P-Regler

Form:

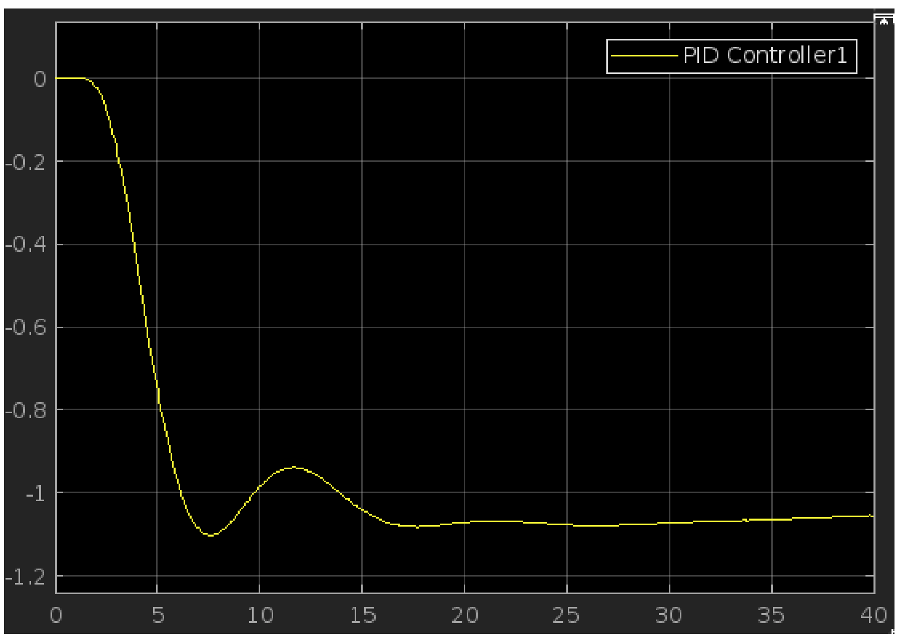


Abbildung 43: Das Signal zu oben angegebenen Regelkreis

4.4 Störübertragungsfunktionen