

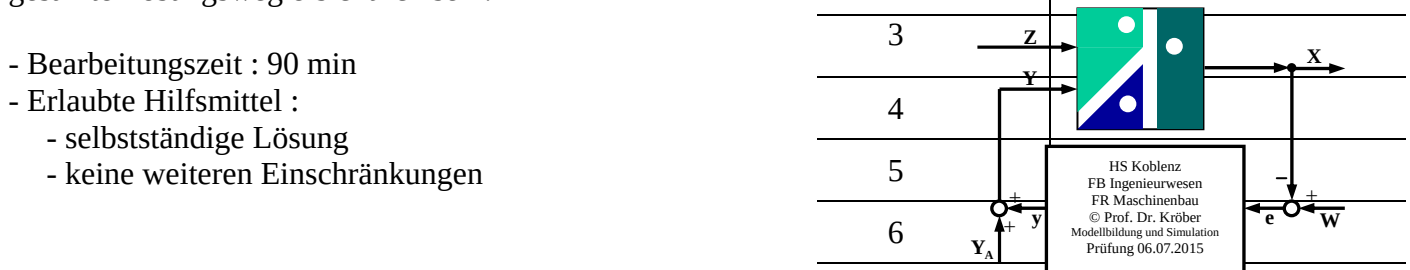
Modellbildung und Simulation SS 15
 Prof. Dr. W. Kröber

Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsweg ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
 - selbstständige Lösung
 - keine weiteren Einschränkungen

Note : _____

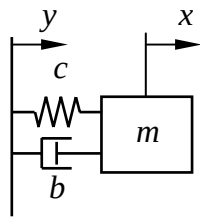
Aufgabe	erreichte Punkte
1	
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



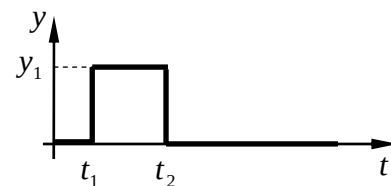
Hinweis zum Abspeichern: Die abzuspeichernden Ergebnisdateien beginnen mit den sechs Buchstaben *nnnvvv*. Dabei steht *nnn* für die ersten drei Buchstaben des Nachnamens und *vvv* für die ersten drei Buchstaben des Vornamens.

Aufgabe 1 (16P) Ergebnisdateien → *nnnvvv1.m* und *nnnvvv1_sl.slx*

Das abgebildete Schwingungssystem befindet sich zur Zeit $t = 0$ in Ruhe. Der Weg y ändert sich gemäß dem angegebenen Verlauf. Berechnen Sie den zeitlichen Verlauf $x(t)$. Geben Sie die Daten in MATLAB vor und führen die Berechnung in SIMULINK durch. Der zeitliche Verlauf von $y(t)$ und $x(t)$ soll in einem gemeinsamen Plot in MATLAB dargestellt werden. Die Simulationsdauer soll $t_{\text{sim}} = 6$ Sekunden betragen. Verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 1$ ms. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.



$$m \cdot \ddot{x} = -c \cdot (x - y) - b \cdot (\dot{x} - \dot{y})$$



Weitere gegebene Zahlenwerte:

$$y_1 = 0,02 \text{ m}; \quad t_1 = 1 \text{ s}; \quad t_2 = 3 \text{ s}; \quad m = 0,5 \text{ kg}; \quad c = 20 \text{ N/m}; \quad b = 2,5 \text{ Ns/m}$$

Aufgabe 2 (20P)

Ergebnisdateien → *nnnvvv2.m* und *nnnvvv2_sl.slx*

Der Hochlauf einer hydraulisch angetriebenen Welle kann durch zwei Differentialgleichungen beschrieben werden. Eine Gleichung ergibt sich aus der Drehmomentenbilanz (aus dieser Gleichung ergibt sich die Frequenz f):

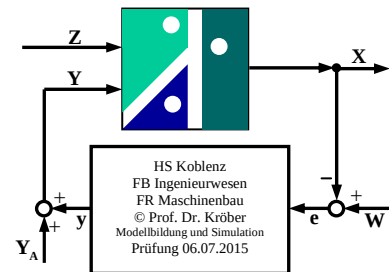
$$\frac{df}{dt} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot J} \cdot \left(\frac{p \cdot V_{Motor}}{2 \cdot \pi} - k_f \cdot f - M_{Last} \right)$$

Aus einer Volumenstrombilanz erhält man (aus dieser Gleichung ergibt sich der Druck p):

$$\frac{dp}{dt} = \frac{E_{\text{öl}}}{V_{\text{öl}}} \cdot (Q_{Pumpe} - V_{Motor} \cdot f - k_p \cdot p)$$

Die beiden Variablen sind die Frequenz f der Welle und der hydraulische Druck p . Zunächst sind die Frequenz f und der Druck p gleich Null. Alle anderen Größen sind konstant und betragen:

Massenträgheitsmoment Welle	$J = 2 \text{ kgm}^2$
Schluckvolumen Motor	$V_{Motor} = 28 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$
Drehzahlabhängige Verluste	$k_f = 1 \text{ Nm/Hz}$
Konstantes Lastmoment	$M_{Last} = 35 \text{ Nm}$
E-Modul des Hydrauliköls	$E_{Oel} = 1,4 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$
Ölvolumen	$V_{Oel} = 0,01 \text{ m}^3$
Volumenstrom Pumpe	$Q_{Pumpe} = 50,4/60000 \text{ m}^3/\text{s}$
Druckabhängige Verluste	$k_p = 12 \cdot 10^{-12} \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{Pa})$



Zur Berücksichtigung der sogenannten Druckabschneidung bzw. des Druckbegrenzungsventils ist eine Begrenzung des Druckes auf $p_{DBV} = 380 \text{ bar}$ vorzusehen.

Geben Sie die Daten in MATLAB vor und führen die Berechnung in SIMULINK durch. Der zeitliche Verlauf von $p(t)$ und $f(t)$ soll in einem Plot in MATLAB dargestellt werden. In dem Plot soll oben der Druck [in bar] und unten die Frequenz [in Hz] dargestellt werden.

Die Simulationsdauer soll $t_{sim} = 8 \text{ Sekunden}$ betragen. Verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 1 \text{ ms}$. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.

Aufgabe 3 (16P)

Ergebnisdateien → *nnnvvv3.m* und *nnnvvv3_sl.slx*

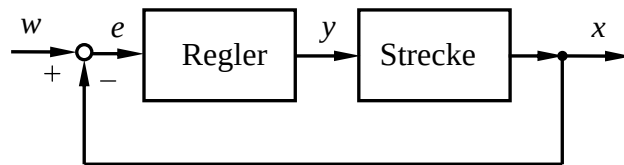
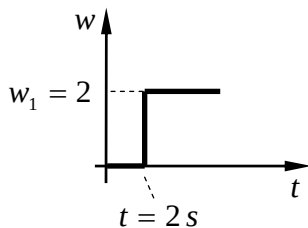
Eine Regelstrecke wird durch folgende Differentialgleichung beschrieben:

$$T_1 \cdot T_2 \cdot \ddot{x} + (T_1 + T_2) \cdot \dot{x} + x = K \cdot y \quad \text{bzw.:} \quad \ddot{x} = \frac{1}{T_1 \cdot T_2} (K \cdot y - (T_1 + T_2) \cdot \dot{x} - x)$$

Nach Bildung der Regeldifferenz ($e = w - x$) wird folgender Regler eingesetzt:

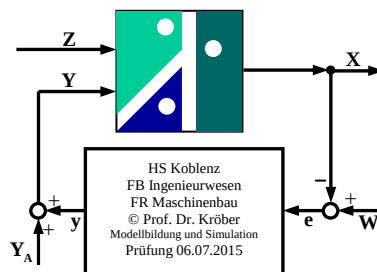
$$y = K_I \cdot \int e \cdot dt$$

Hier soll ein Sollwertsprung bei $t_1 = 2\text{s}$ betrachtet werden (Sollwertsprung von 0 auf den Wert $w_1 = 2$). Alle Anfangsbedingungen seien gleich Null.



Geg.: $K=1,25$; $T_1 = 0,5\text{ s}$; $T_2 = 2\text{ s}$; $K_I=0,12\text{ s}^{-1}$

Nach der Vorgabe der Daten in MATLAB soll die weitere Lösung komplett in SIMULINK erfolgen. In einem gemeinsamen Scope-Block soll w , y , und x graphisch dargestellt werden. Die Simulationsdauer soll 30 Sekunden betragen. Verwenden Sie als festen Zeitschritt $\Delta t = 10\text{ ms}$. Das vorgeschlagene Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen (ode3 Bogacki-Shampine) soll so belassen werden.



Aufgabe 4 (16P)

Ergebnisdatei → *nnnvvv4.xlsm*

Die folgende Aufgabe soll in einem Excel-Makro gelöst werden.

Ein Gegenstand wird mit einer Anfangsgeschwindigkeit v_0 senkrecht nach oben geworfen. Der Gegenstand erreicht eine maximale Flughöhe und "landet" später wieder am Abwurfpunkt. Es wirkt die Erdbeschleunigung und eine Reibkraft, die sich quadratisch mit der Geschwindigkeit ändert. Zu bestimmen ist die Flughöhe/Flugposition in Funktion der Zeit. Als Ergebnis soll in dem Excel-Sheet in der ersten Spalte die Zeit und in der zweiten Spalte die momentane Flughöhe stehen. Eine Graphik ist nicht erforderlich.

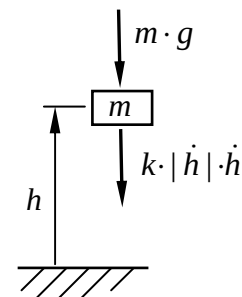
Betrachtet wird ein Zeitraum von 6 s. Als Zeitschritt soll $\Delta t = 0,01$ s gewählt werden. Dazu sind 600 Zeitschritte erforderlich. Das Makro soll mit der Tastenkombination „Strg y“ gestartet werden.

Mit dem Ansatz: $m \cdot \ddot{h} = -m \cdot g - k \cdot |\dot{h}| \cdot \dot{h}$

und
$$m \cdot \frac{h_{i+1} + h_{i-1} - 2 \cdot h_i}{\Delta t^2} = -m \cdot g - k \cdot \left| \frac{h_i - h_{i-1}}{\Delta t} \right| \cdot \left(\frac{h_i - h_{i-1}}{\Delta t} \right)$$

lässt sich folgende Rekursionsgleichung herleiten:

$$h_{i+1} = 2 \cdot h_i - h_{i-1} - g \cdot \Delta t^2 - \frac{k}{m} |h_i - h_{i-1}| \cdot (h_i - h_{i-1})$$



Tipp: $h_0 = 0$ und $h_1 = v_0 \cdot \Delta t$ setzen, dann mit $h_2 = \dots$ beginnen.

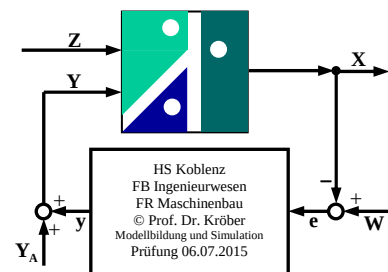
Gegebene Zahlenwerte:

$$v_0 = 40 \text{ m/s}$$

$$m = 5 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$k = 0,05 \text{ Ns}^2/\text{m}^2$$



Aufgabe 5 (16P)

Ergebnisdatei → *nnnvvv5.vi*

Grundsätzlich soll hier das gleiche Problem wie in Aufgabe 4 bearbeitet werden. Die Lösung soll in einem Formelknoten in LabVIEW gelöst werden. Die Kurvenverläufe sollen hier (nur) graphisch in einem gemeinsamen XY-Schrieb dargestellt werden (Höhe in Funktion der Zeit).

Aufgabe 6 (16P)

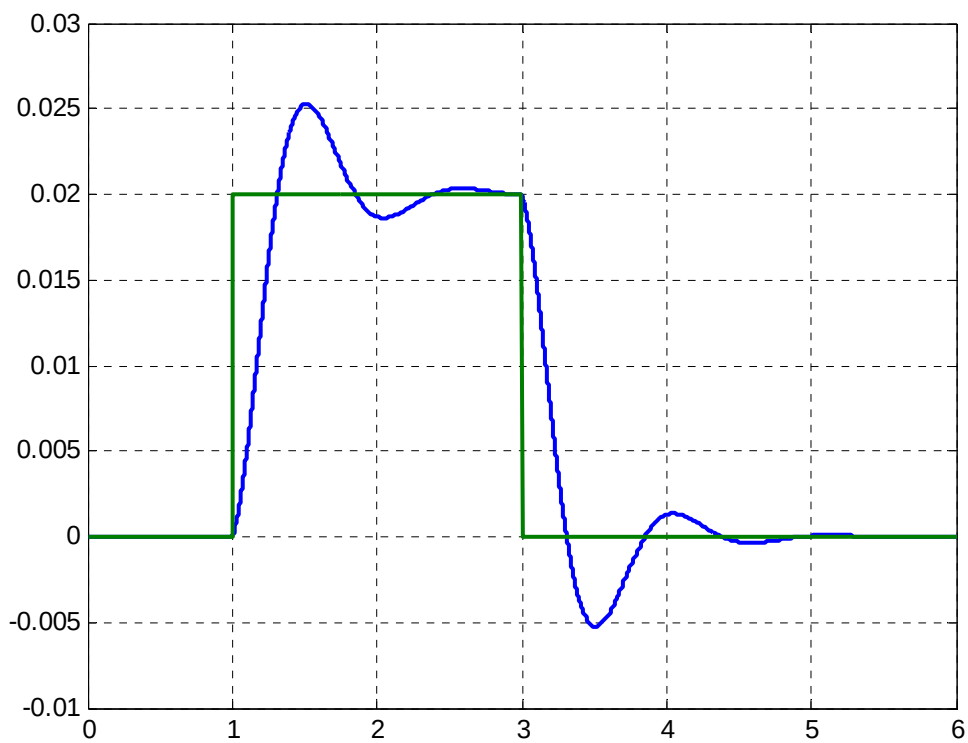
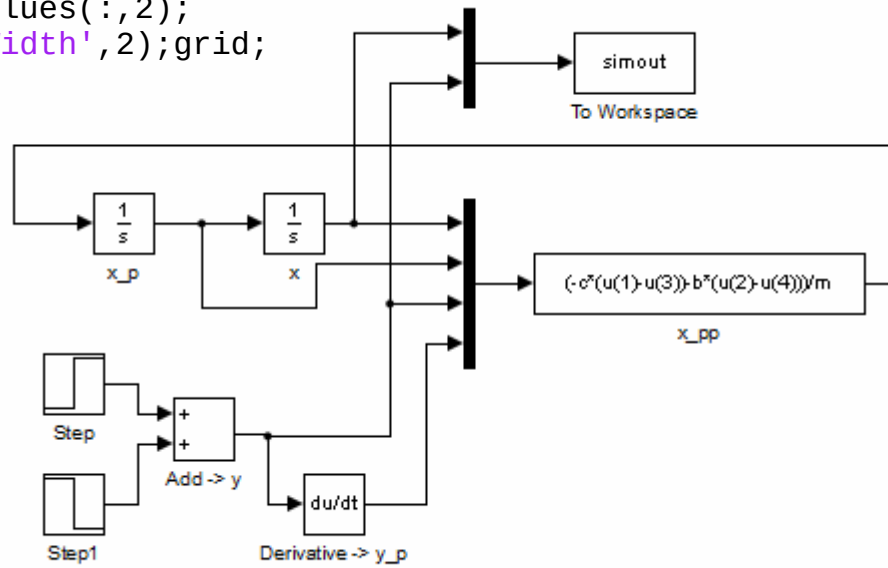
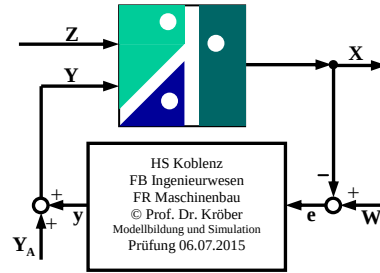
Ergebnisdatei → *nnnvvv6.vi*

Mit dem USB6008 ist durch das Steckmodul ein Widerstand zur Bestimmung der Leuchtstärke angeschlossen. Als Ausgangspunkt kann ein vorhandenes Programmbeispiel verwendet werden, bei dem die Leuchtstärke [in Lux] in Funktion der Zeit angezeigt wird.

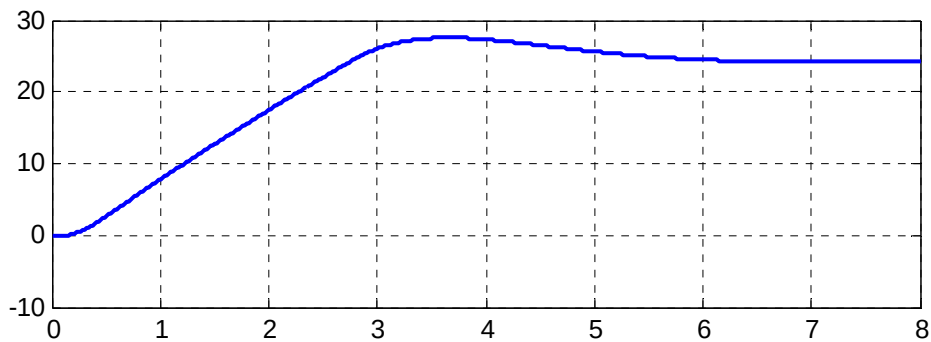
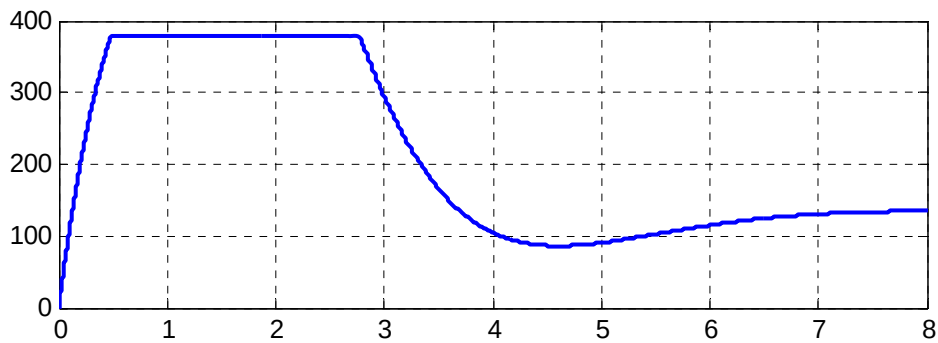
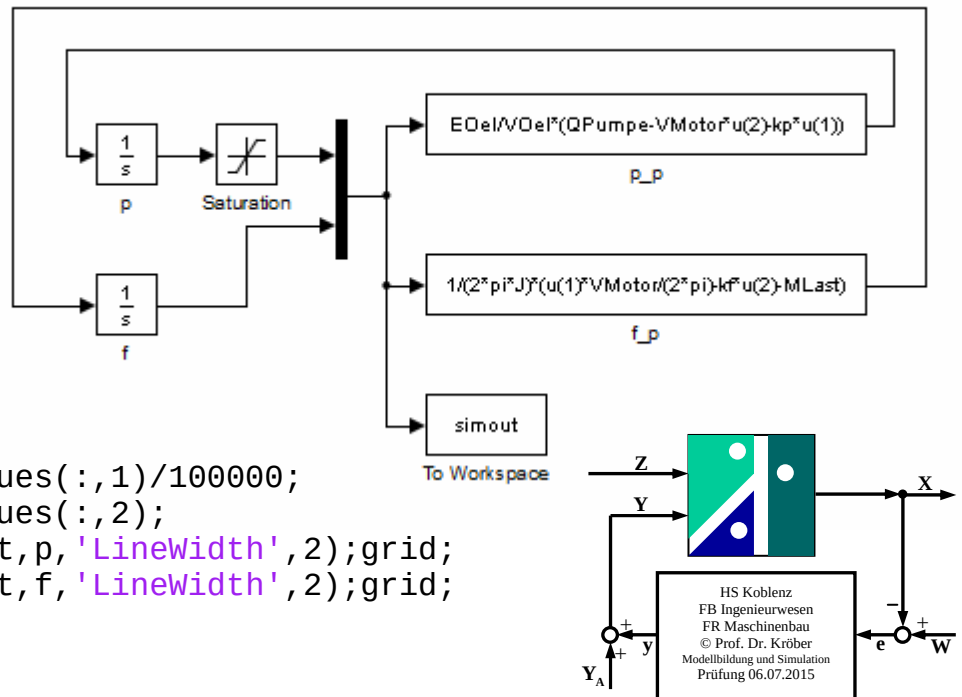
Das Programm ist dahingehend zu ergänzen: Es soll ein zusätzliches numerisches Ausgabefenster eingefügt werden. In dem Fenster soll der Mittelwert der Leuchtstärke seit Programmstart angezeigt werden.

Nebensächliche Bemerkung: Das Programm wird z.B. durch Betätigen der Stop-Schaltfläche beendet.

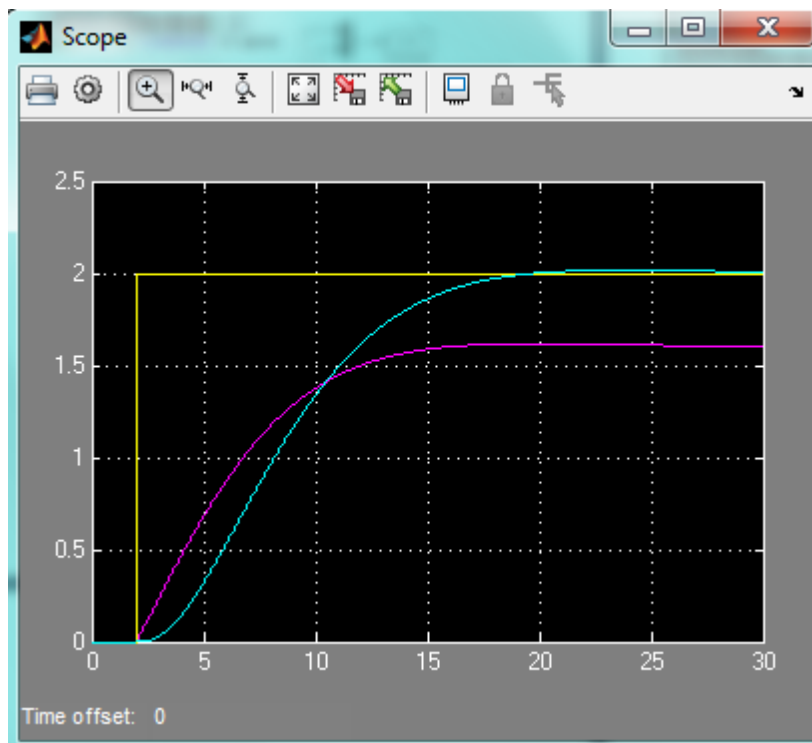
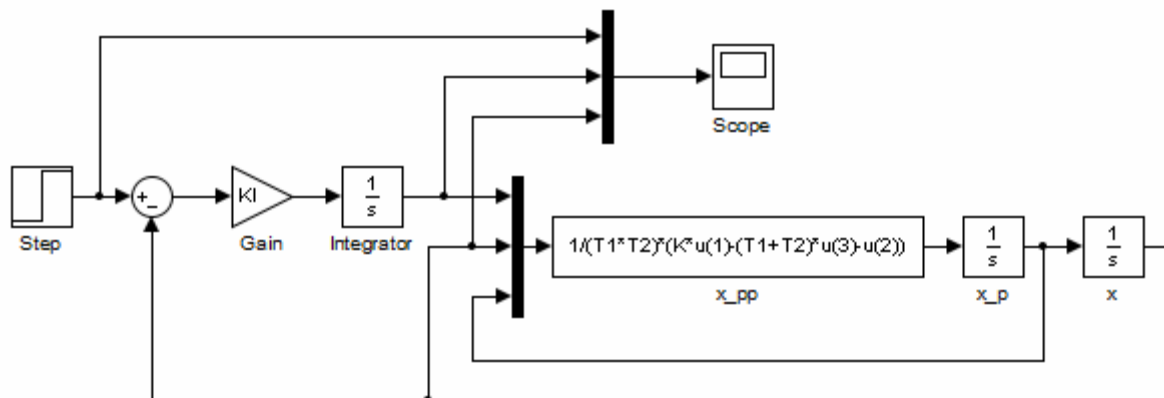
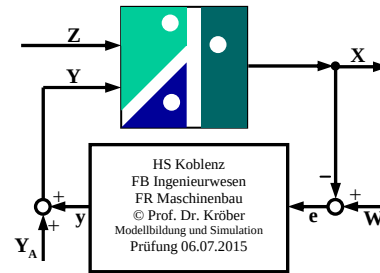
```
clear;clc;
y1=0.02;
t1=1;
t2=3;
m=0.5;
c=20;
b=2.5;
tsim=6;
dt=0.001;
sim('krowol1_sl');
t=simout.time;
x=simout.signals.values(:,1);
y=simout.signals.values(:,2);
plot(t,x,t,y,'LineWidth',2);grid;
```



```
clear;clc;
J=2;
VMotor=28*10^-6;
kf=1;
MLast=35;
E0el=1.4*10^9;
V0el=0.01;
QPumpe=50.4/60000;
kp=12*10^-12;
pDBV=380*10^5;
tsim=8;
dt=0.001;
sim('krowol2_sl');
t=simout.time;
p=simout.signals.values(:,1)/100000;
f=simout.signals.values(:,2);
subplot(2,1,1);plot(t,p,'LineWidth',2);grid;
subplot(2,1,2);plot(t,f,'LineWidth',2);grid;
```



```
clear;clc;
K=1.25;
T1=0.5;
T2=2;
KI=0.12;
t1=2;
w1=2;
tsim=30;
dt=0.01;
sim('krowol3_sl');
```



```

Sub Makro1()
'
' Makro1 Makro
'
' Tastenkombination: Strg+y
'

    Dim h(600) As Double
    v0 = 40
    m = 5
    g = 9.81
    k = 0.05
    dt = 0.01
    ' Anfangsbedingungen
    h(0) = 0
    h(1) = v0 * dt
    For i = 1 To 599
        fak = k / m * Abs(h(i) - h(i - 1)) * (h(i) - h(i - 1))
        h(i + 1) = 2 * h(i) - h(i - 1) - g * dt * dt - fak
    Next i

    For i = 0 To 600
        Cells(i + 1, 1) = i * dt
        Cells(i + 1, 2) = h(i)
    Next i

End Sub

```

