

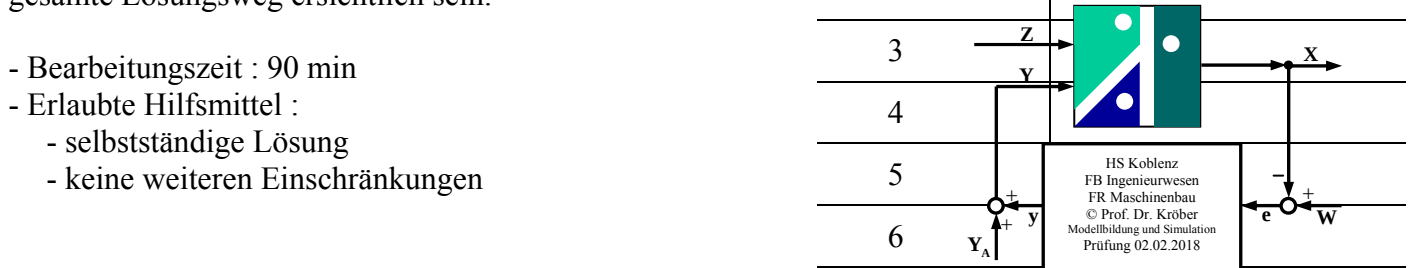
Modellbildung und Simulation WS 17/18
 Prof. Dr. W. Kröber

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 (17P) Ergebnisdateien → *nnnvvv1.m* und *nnnvvv1_sl.slx*

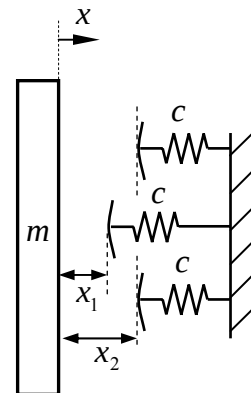
Die Masse m bewegt sich mit einer Anfangsgeschwindigkeit $\dot{x}(t=0) = v_0 = 0,4 \text{ m/s}$ und wird durch das Federsystem abgebremst und wieder "zurück geworfen". Die Anfangsposition sei $x(t=0) = 0$.

Erforderliche Gleichungen:

$$m \cdot \ddot{x} = -F_1 - F_2$$

$$F_1 = c \cdot (x - x_1) \text{ wobei } F_1 \geq 0$$

$$F_2 = 2 \cdot c \cdot (x - x_2) \text{ wobei } F_2 \geq 0$$



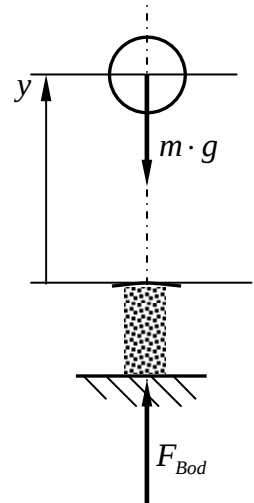
Nach Vorgabe der Daten in MATLAB soll die Lösung in Simulink erfolgen. Die graphische Darstellung soll wieder in MATLAB realisiert werden. Die Simulationsdauer und feste Schrittweite werden in MATLAB vorgegeben. Der Plot soll aus zwei Teilen bestehen. Im oberen Teil soll der Weg x in Abhängigkeit der Zeit t dargestellt werden. Im unteren Teil soll die Beschleunigung $\ddot{x}$ in Abhängigkeit des Weges x dargestellt werden. Wählen Sie als Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen "ode3 Bogacki-Shampine".

Zahlenwerte: $m = 4 \text{ kg}$; $c = 2000 \text{ N/m}$; $x_1 = 20 \text{ mm}$; $x_2 = 30 \text{ mm}$; $t_{\text{sim}} = 0,25 \text{ s}$; $\Delta t = 0,001 \text{ s}$

Aufgabe 2 (17P) Ergebnisdateien → *nnnvvv2.m* und *nnnvvv2_sl.slx*

Bei dem Beispiel "Aufprall eines Balles" wurde in der letzten Vorlesung des vergangenen Jahres richtigerweise bemerkt, dass durch den Dämpfungsterm die Bodenkontaktkraft bereits vorhanden ist, obwohl der Kontakt aufgrund der Position noch gar nicht vorhanden sein kann. In dieser Aufgabe soll ein "anderes Kraftgesetz" untersucht werden.

Ein Ball wird in einer Anfangshöhe y_0 losgelassen und fällt auf eine Unterlage. Der Ball wird, je nach Dämpfung der Unterlage, einige Male hochspringen. Dabei nimmt die Sprunghöhe stets ab. Am Ende der Betrachtung liegt der Ball auf der Unterlage. Hinweis: Der Luftwiderstand wird hier nicht berücksichtigt.



$$m \cdot \ddot{y} = -m \cdot g + F_{Bod}$$

$$F_{Bod} = -c \cdot y \cdot \left(1 - \frac{\dot{y}}{v_{ref}}\right) \quad \text{wobei} \quad F_{Bod} \geq 0$$

Zahlenwerte:

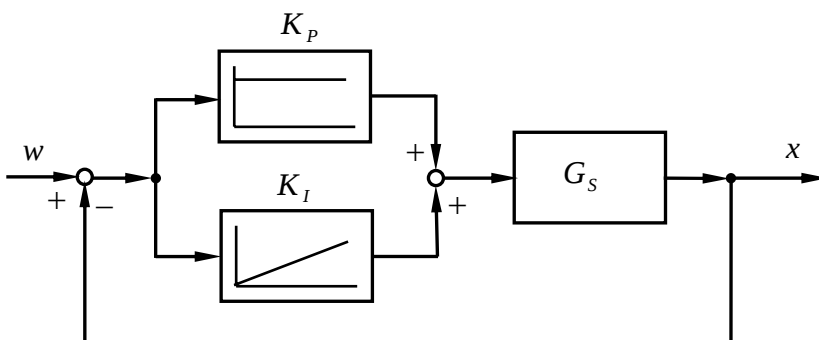
$m = 0,8 \text{ kg}$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $y_0 = 2 \text{ m}$; $c = 8000 \text{ N/m}$; $v_{ref} = 10 \text{ m/s}$; $t_{sim} = 3 \text{ s}$; $\Delta t = 0,0001 \text{ s}$

Nach Vorgabe der Daten in MATLAB soll die Lösung in Simulink erfolgen. Die graphische Darstellung soll wieder in MATLAB realisiert werden. Die Simulationsdauer und feste Schrittweite werden in MATLAB vorgegeben. Der Plot soll aus zwei Teilen bestehen. Im oberen Teil soll der Weg y in Abhängigkeit der Zeit t dargestellt werden. Im unteren Teil soll die Bodenkontaktkraft über dem Weg y dargestellt werden (besser: über $-y$ darstellen). Dabei soll der Maßstab für den Weg auf $\pm 0,1 \text{ m}$ begrenzt werden. Wählen Sie als Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen "ode3 Bogacki-Shampine".

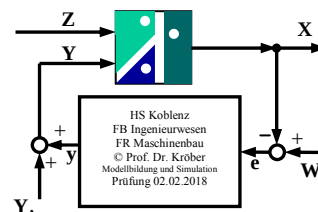
Aufgabe 3 (17P) Ergebnisdateien → *nnnvvv3.m* und *nnnvvv3_sl.slx*

Eine schwingungsfähige Regelstrecke 2. Ordnung wird mit einem PI-Regler geregelt. Untersucht werden soll eine Sprungantwort. Zum Zeitpunkt $t = t_1 = 1 \text{ s}$ ändert sich der Sollwert von $w = 0$ auf $w = 4$. Nach Vorgabe der Daten in MATLAB soll die Lösung in Simulink erfolgen. Die graphische Darstellung soll wieder in MATLAB realisiert werden. Die Simulationsdauer und feste Schrittweite werden in MATLAB vorgegeben. In dem Plot sollen die Führungsgröße und die Regelgröße über der Zeit dargestellt werden. Wählen Sie als Lösungsverfahren zur Lösung der Differentialgleichungen "ode3 Bogacki-Shampine"!

Weitere Zahlenwerte: $K_P = 0,5$; $K_I = 0,9 \text{ s}^{-1}$; $\omega_0 = 3 \text{ s}^{-1}$; $\delta = 0,8 \text{ s}^{-1}$; $t_{sim} = 8 \text{ s}$; $\Delta t = 0,01 \text{ s}$



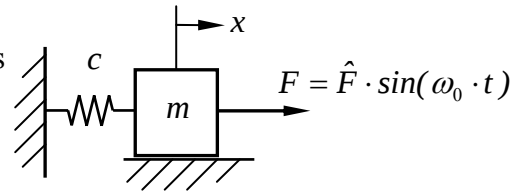
$$G_s = \frac{\omega_0^2}{(j\omega)^2 + 2 \cdot \delta \cdot (j\omega) + \omega_0^2}$$



Aufgabe 4 (16P) Ergebnisdatei → *nnnvvv4.xlsm*

Der Einschwingvorgang eines ungedämpften Feder-Masse-Systems im Resonanzfall wird durch folgende Differentialgleichung beschrieben:

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} = \hat{F} \cdot \sin(\omega_0 \cdot t)$$

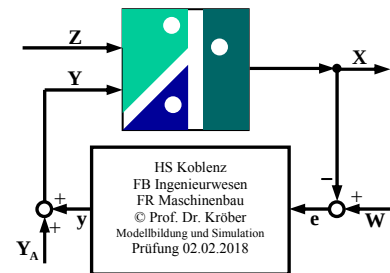


Daraus lässt sich folgende Differenzengleichung bestimmen:

$$m \cdot \frac{x_{i+1} + x_{i-1} - 2 \cdot x_i}{\Delta t^2} + c \cdot x_i = \hat{F} \cdot \sin(\omega_0 \cdot t) \implies x_{i+1} = 2 \cdot x_i - x_{i-1} + \frac{(\hat{F} \cdot \sin(\omega_0 \cdot t_i) - c \cdot x_i) \cdot \Delta t^2}{m}$$

Zum Zeitpunkt $t = 0$ sei das System in Ruhe (Setzen Sie $x_0 = x_1 = 0$). Es wirkt eine sinusförmige Kraft. Erstellen Sie ein Makro, in dem der zeitliche Verlauf von x berechnet wird. Der Zeitschritt beträgt $0,01s$. Die Rechnung soll erfolgen bis $t = 16$ Sekunden. Das Makro soll mit der Tastenkombination „Strg y“ gestartet werden. In Spalte 1 des Excel-Sheets soll die Zeit stehen, in der zweiten Spalte die Werte $x(t)$. Es soll eine Graphik "x über t" erstellt werden.

Weitere Zahlenwerte: $c = 8 \text{ N/m}$; $m = 2 \text{ kg}$; $\omega_0 = 2 \text{ s}^{-1}$; $\hat{F} = 3 \text{ N}$



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. Der Kurvenverlauf $x(t)$ soll in einem XY-Schrieb ausgegeben werden.

Aufgabe 6 (17P) Ergebnisdatei → *nnnvvv6.vi*

Mit dem USB6008 ist durch das Steckmodul eine externe PT_2 -Regelstrecke angeschlossen. Dabei wird die Stellgröße u_Y auf AnalogOutput1 ausgegeben und die Regelgröße u_X wird über AnalogInput3 eingelesen.

Zur Lösung dieser Ausgabe kann als Ausgangspunkt ein geeignetes vorhandenes Programm verwendet werden. Es ist nur "entsprechend" abzuändern.

Der Zeitschritt für die einzusetzende "while-Schleife" soll 100 ms betragen. Für die Ausgangsspannung ist folgende Abhängigkeit vorzusehen:

$$\begin{aligned} 0s \leq t < 2s: & \quad u_Y = 1,4 \text{ V} \\ 2s \leq t < 4s: & \quad u_Y = 2,5 \cdot u_X \quad (\text{Hinweis: Dies ist eine sogenannte Mitkopplung, sie führt zu einem exponentiellen Anstieg}) \\ t \geq 4s: & \quad u_Y = 1,4 \text{ V} \end{aligned}$$

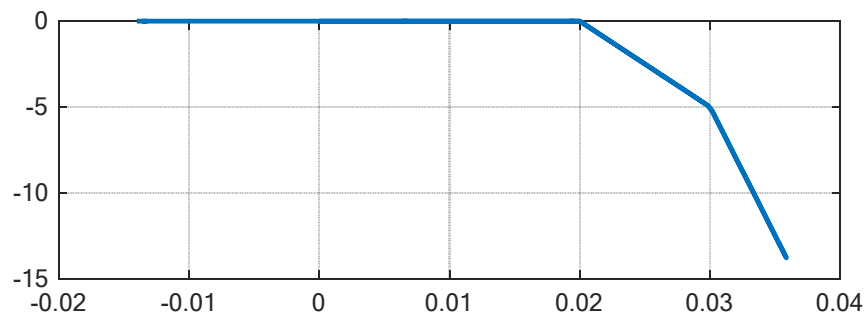
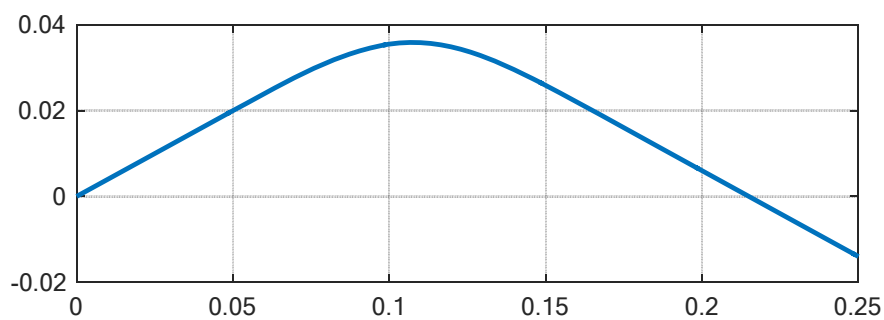
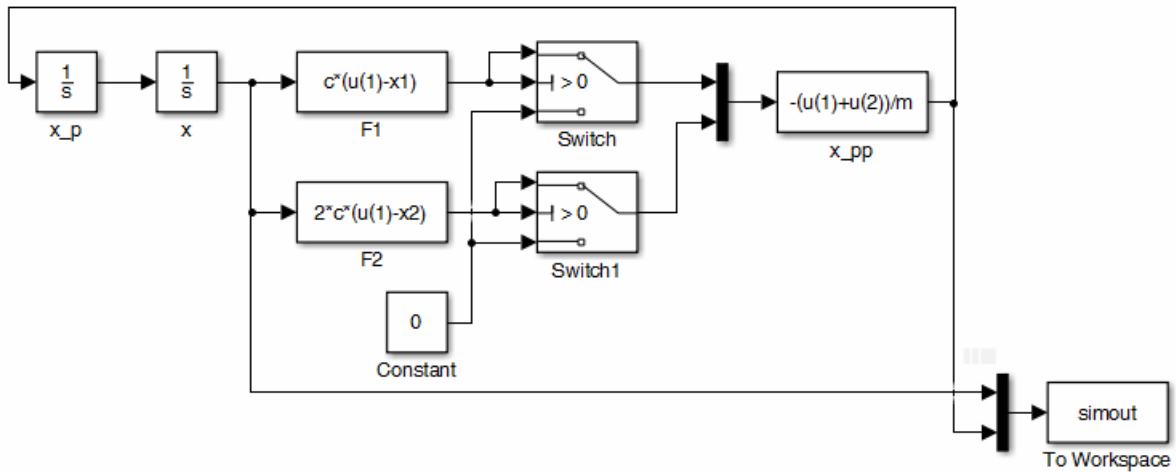
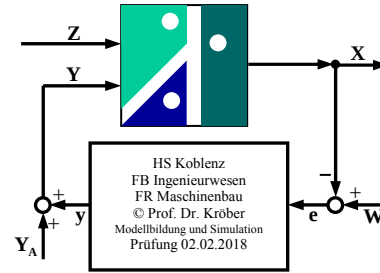
Hinweis: Um den Bereich des D/A-Wandlers nicht zu verlassen, muss u_Y begrenzt werden, also z.B.

$$\begin{aligned} \text{if } (u_Y < 0) \text{ } u_Y &= 0; \\ \text{if } (u_Y > 5) \text{ } u_Y &= 5; \end{aligned}$$

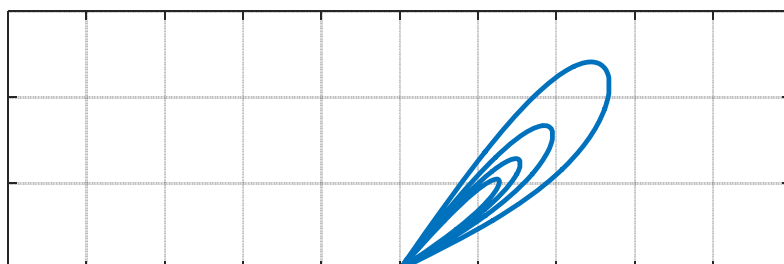
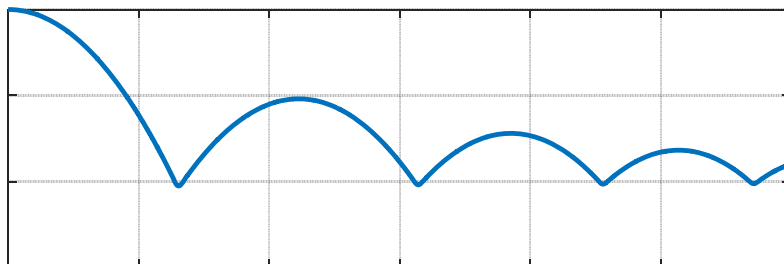
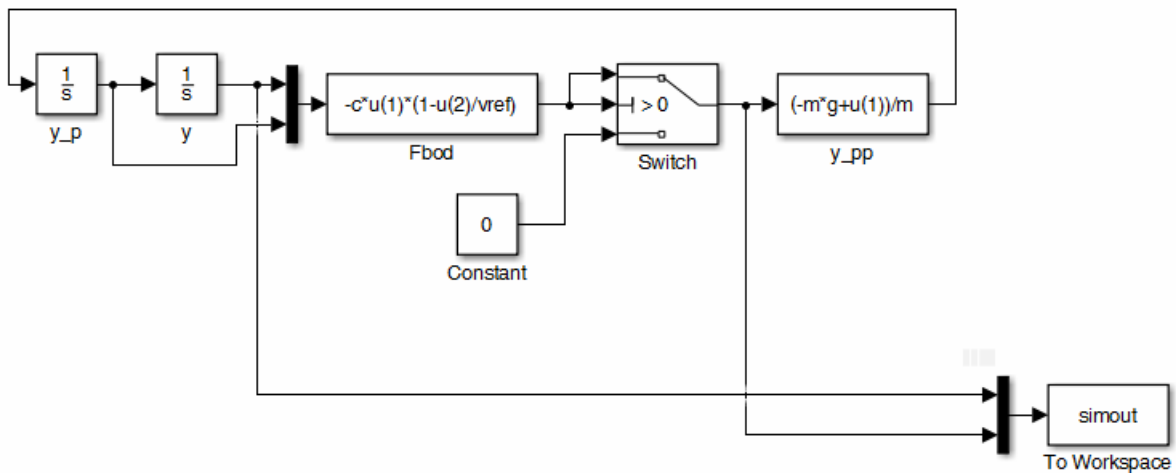
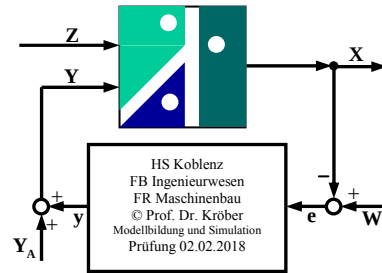
In einem gemeinsamen Messschrieb sollen u_Y und u_X ausgegeben werden.

Eine automatisierte Beendigung des Programms muss nicht vorgesehen werden. Das Programm kann durch Betätigen einer/der Stop-Schaltfläche beendet werden.

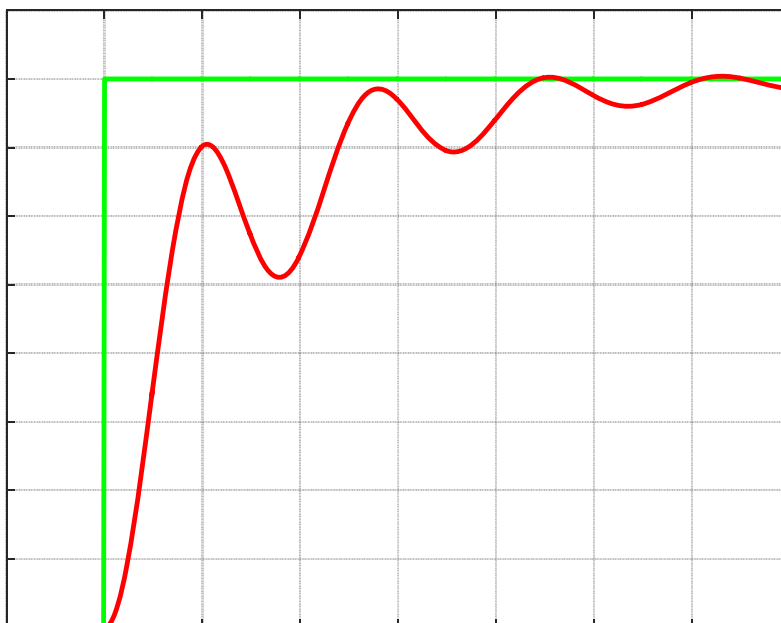
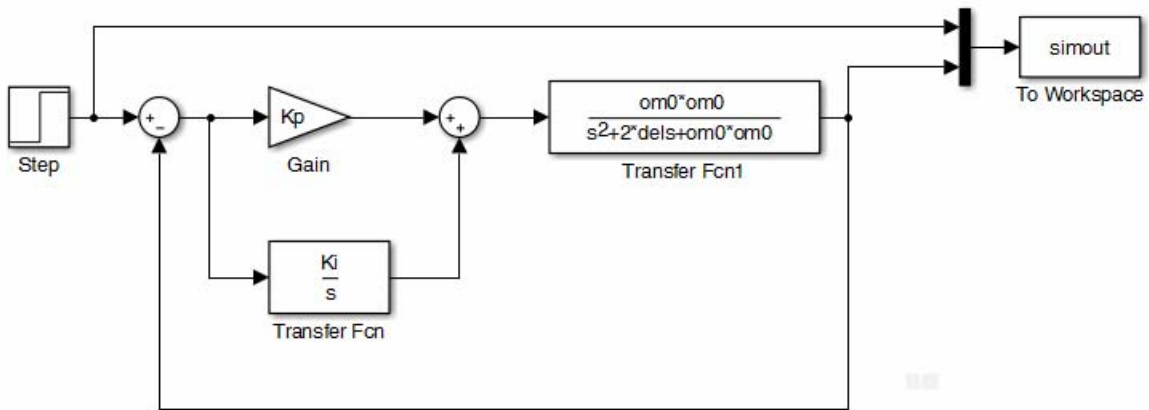
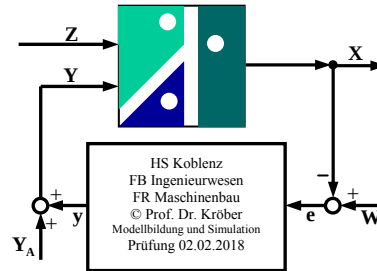
```
clear;clc;
v0=0.4;
m=4;
c=2000;
x1=0.02;
x2=0.03;
tsim=0.25;
dt=0.001;
sim('krowol1_sl');
t=simout.time(:,1);
x=simout.signals.values(:,1);
x_pp=simout.signals.values(:,2);
subplot(2,1,1);
plot(t,x,'LineWidth',2);grid;
subplot(2,1,2);
plot(x,x_pp,'LineWidth',2);grid;
```



```
clear;clc;
m=0.8;
g=9.81;
y0=2;
c=8000;
vref=10;
tsim=3;
dt=0.0001;
sim('krowol2_sl');
t=simout.time(:,1);
y=simout.signals.values(:,1);
Fbod=simout.signals.values(:,2);
subplot(2,1,1);
plot(t,y,'LineWidth',2);grid;
subplot(2,1,2);
plot(-y,Fbod,'LineWidth',2);grid;
xlim([-0.1,0.1]);
```



```
clear;clc;
t1=1;
w=4;
Kp=0.5;
Ki=0.9;
om0=3;
del=0.8;
tsim=8;
dt=0.01;
sim('krowol3_sl');
t=simout.time(:,1);
w=simout.signals.values(:,1);
x=simout.signals.values(:,2);
plot(t,w,'g','LineWidth',2);grid;
hold on;
plot(t,x,'r','LineWidth',2);
hold on;
```



```

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

Dim t(1600), x(1600) As Double
c = 8
m = 2
om0 = 2
Fd = 3
dt = 0.01

' Zeitbasis
For i = 0 To 1600
    t(i) = dt * i
Next i

' Anfangsbedingungen und Lösung DGL
x(0) = 0
x(1) = 0
For i = 1 To 1599
    x(i + 1) = 2 * x(i) - x(i - 1) + (Fd * Sin(om0 * t(i)) - c * x(i)) * dt * dt / m
Next i

' Ausgabe
For i = 0 To 1600
    Cells(i + 1, 1) = t(i)
    Cells(i + 1, 2) = x(i)
Next i
End Sub

```

